Volume XIX Janvier-Février 1940 Numéro 217-218

L'ONDE ÉLECTRIQUE

RADIOÉLECTRICITÉ ET SES APPLICATIONS SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES

BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ DES RADIOÉLECTRICIENS

Ludovic DRIENCOURT, par R. JOUAUST.

Recherches sur l'Ionosphère à Shanghaï, par le R. P. Pierre LEJAY.

Triode émettrice de grande puissance pour ondes courtes, par R. WARNECKE et R. BONNE.

Analyses.

ÉTIENNE CHIRON, Éditeur, 40, rue de Seine, PARIS (VI^e^)

Prix : 9 fr.

La Rédaction décline toute responsabilité en ce qui concerne la teneur des articles publiés, les auteurs assumant l'entière responsabilité de ce qui paraît sous leur signature.

L'ONDE ÉLECTRIQUE

Revue mensuelle publiée par la Société des Radioélectriciens

(Ancienne Société des Amis de la T. S. F.)

ABONNEMENT D'UN AN	Etienne CHIRON	PRIX
France : ..... 90 fr.	ÉDITEUR	DU NUMÉRO : 9 fr.
Étranger { tarif faible 110 fr. / tarif fort 120 fr.	40, rue de Seine - PARIS	Tél. : DANTON 47-56
	CHÈQUES POSTAUX PARIS : 53-35	

SOCIÉTÉ DES RADIOÉLECTRICIENS

Adresser la correspondance administrative et technique. et effectuer le versement des cotisations à l'adresse suivante :

SOCIÉTÉ DES RADIOÉLECTRICIENS

14, avenue Pierre-Larousse

Malakoff (Seine)

Tél. : ALESIA 56-30

Compte de chèques postaux n° 697-38

Les correspondants sont priés de rappeler chaque fois le numéro d'inscription porté sur leur carte.

CHANGEMENTS D'ADRESSE : Joindre 2 francs à toute demande.

BUTS ET AVANTAGES OFFERTS

La Société des Radio-Electriciens, fondée en 1921 sous le titre « Société des Amis de la T. S. F. » a pour buts : (art. 1 des statuts).

1° De contribuer à l'avancement de la Radiotélégraphie théorique et appliquée, ainsi qu'à celui des Sciences et Industries qui s'y rattachent;

2° D'établir et d'entretenir entre ses membres des relations suivies et des liens de solidarité.

Les avantages qu'elle offre à ses membres sont les suivants

1° Service gratuit de la revue mensuelle *l'Onde Electrique*.

2° Réunions mensuelles, avec conférences, discussions et expériences sur tous les sujets d'actualité technique.

3° Visites de diverses installations radio-électriques : stations d'émission et de réception, postes de navires et d'avions, laboratoires, radiophares, expositions, studios, etc

4° Bibliothèque et prêt de livres ou de revues à domicile.

5° Abonnements circulaires à certaines revues.

6° Renseignements de tous ordres (joindre un timbre pour la réponse).

7° Service bibliographique sur fiches (abonnement spécial ; demander notice).

COTISATIONS

Elles sont ainsi fixées :

1° Membres titulaires, âgés de moins de 21 ans en cours d'études (pendant 5 ans au plus) ..... 48 fr.

2° Membres titulaires, particuliers ..... 80 fr.

— sociétés ou collectivités ..... 320 fr.

Les membres de ces deux catégories, résidant à l'étranger, doivent verser en plus, pour couvrir le supplément de frais postaux.

Pays ayant adhéré à l'accord de Stockholm ..... 20 fr.

Autres pays ..... 30 fr.

3° Membres à vie :

Les particuliers, membres titulaires, peuvent racheter leur cotisation annuelle par un versement unique égal à quinze fois le montant de cette cotisation, soit ..... 1200 fr.

4° Membres donateurs :

Seront inscrits en qualité de donateurs, les membres qui auront fait don à la Société, en plus de leur cotisation, d'une somme égale au moins à ..... 300 fr.

5° Membres bienfaiteurs :

Auront droit au titre de « Bienfaiteurs », les membres qui auront pris l'engagement de verser pendant cinq années consécutives, pour favoriser les études ou publications techniques ou scientifiques de la Société une subvention annuelle d'au moins..... 1.000 fr.

L'ONDE ÉLECTRIQUE

L'ONDE ÉLECTRIQUE

REVUE MENSUELLE

ORGANE OFFICIEL DE LA SOCIÉTÉ
DES RADIOÉLECTRICIENS

1940
19e ANNÉE

ETIENNE CHIRON, EDITEUR
40, RUE DE SEINE
PARIS

Ludovic DRIENCOURT

En la personne de l'ingénieur hydrographe en chef, Ludovic Driencourt décédé à Noyon le 25 janvier 1940, la Société des Radioélectriciens vient de perdre un de ses premiers membres et son doyen d'âge.

Né à Pontoise-les-Noyon le 22 décembre 1858, Driencourt, après de solides études au Lycée Louis-le-Grand, entre à l'Ecole Polytechnique en 1879. Il sortit de cette école dans le corps des ingénieurs hydrographes.

En cette qualité il effectua de 1882 à 1912 vingt campagnes hydrographiques, dont trois à Madagascar et deux en Tunisie. Il apportait à ce genre de travaux un sens extrême de la précision des observations et un soin méticuleux dans les constructions graphiques qui sont à la base de l'établissement des cartes.

C'est ainsi qu'il fut amené à établir un système d'abaques destinées à abréger le calcul des recoupements des segments et à graduer les perpendiculaires. Le tracé des cartes marines nécessite la connaissance des longitudes. Pour la détermination de l'heure locale par le passage d'étoiles connues au méridien du lieu d'observation on utilisait des lunettes méridiennes. Ce genre d'appareil est peu portatif et peu maniable en plein air, Avec la collaboration de l'astronome Claude, Driencourt imagina un nouvel instrument basé sur le principe des hauteurs égales : l'astrolabe à prisme. Cet instrument est aujourd'hui presque universellement employé par les géodésiens et les explorateurs. Même dans les observatoires cet appareil est maintenant employé concurremment avec les lunettes méridiennes. C'est ainsi que dans l'opération mondiale de longitudes de 1933, il a été utilisé par les astronomes français à Paris et à Zi-Ka-Wei.

Mais la connaissance de l'heure locale ne suffit pas, il faut aussi connaître l'heure du méridien origine ; en mer on ne pouvait jadis la connaître qu'au moyen de chronomètres, réglés au départ, et dont on déterminait la marche par des moyens bien aléatoires.

Aussi Driencourt s'enthousiasma-t-il pour la proposition du commandant Ferrié de transmettre par télégraphie sans fil l'heure aux bâtiments

en mer. Il apporta au commandant Ferrié une collaboration précieuse dont le résultat fut la création du système d'émissions radiotélégraphiques appelé « battements verniers ». Avec ce genre d'émission il est possible de connaître au centième de seconde l'heure du méridien d'origine.

C'était une révolution dans la détermination des longitudes. On pouvait atteindre une précision inconnue jusqu'alors. On chercha immédiatement à utiliser la télégraphie sans fil pour quelques déterminations importantes. C'est ainsi que Driencourt fut amené en 1911 à déterminer la longitude Paris-Bizerte et en 1913-1914 la longitude Paris-Washington.

Survint la guerre de 1914. On chercha par tous les moyens à repérer la position des batteries ennemies. Un procédé semblait tout indiqué : il suffit de noter en plusieurs points l'arrivée du son produit par le départ du coup : connaissant la vitesse du son, une construction géométrique simple doit permettre la localisation de la batterie ennemie. Détaché au service géographique de l'armée, Driencourt fut chargé par le général Bourgeois de la mise au point de ce système de repérage. Il attira tout d'abord l'attention sur une difficulté qui avait échappé aux premiers chercheurs qui s'étaient occupés de la question. Lorsqu'une pièce chargée tire, le premier bruit que l'on perçoit n'est pas celui de la détonation de la charge (onde de bouche) mais un bruit produit par le déplacement du projectile dans l'air (onde de choc). On attribue généralement à un physicien allemand la découverte de cette onde de choc, mais elle était bien connue de nos artilleurs et avait fait l'objet d'un article dans le Mémorial de l'artillerie navale, article qu'heureusement Driencourt connaissait.

•

Avec l'aide de quelques chercheurs, Driencourt parvint à surmonter les difficultés que créait l'existence de cette onde et grâce à son active impulsion 41 sections de repérage au son fonctionnaient en 1918.

Le rôle joué en la circonstance par Driencourt lui valut la citation suivante à l'ordre des armées :

« Chargé au Service géographique de l'Armée de l'organisation des sections de repérage par le son et des sections de repérage terrestre et de la Direction des services de repérage a déployé dans ses fonctions les plus rares qualités d'organisateur et de savant. D'une haute compétence scientifique, possédant le sentiment du devoir le plus élevé, d'une activité et d'une énergie infatigables, d'un courage exemplaire dont il a donné maintes preuves à chacun de ses séjours au front, il a obtenu, dans une voie où tout était à créer, des résultats exceptionnels et par sa vigoureuse

impulsion a contribué à faire des sections de repérage un des plus précieux auxiliaires de l'artillerie ».

Driencourt s'était toujours intéressé à notre Société et consentit à faire partie de notre Comité. Lors d'un voyage organisé pour permettre à nos membres de visiter les installations radioélectriques de balisage du port du Havre, Driencourt n'hésita pas, malgré son âge déjà avancé, à surmonter les fatigues du voyage, heureux de revoir ce port à l'organisation duquel il avait contribué en 1907.

La Société des Radioélectriciens s'incline respectueusement sur la tombe de cet homme, savant modeste et bon Français.

R. Jouaust.

RECHERCHES SUR L'IONOSPHÈRE A SHANGHAI

par le **R. P. Pierre LEJAY,**
Correspondant de l'Institut,
Directeur de l'Observatoire de ZI KA WEI.
Ingénieur au Laboratoire National de Radioélectricité

Introduction

On ne trouvera dans cet article aucune donnée sur les fréquences critiques. Dès nos premiers essais en effet, nous nous sommes rendu compte qu'une exploration continue des fréquences entre 2 et 10 mégacycles était impossible à Shanghaï : outre les stations de trafic régulières, le grand nombre de stations militaires ou maritimes, les 90 stations de broadcasting installées sommairement, la concentration dans les Concessions et à leur voisinage immédiat de la petite industrie chinoise refoulée par la guerre forment un fond presque continu de brouillages de grande intensité. L'observation des phénomènes ionosphériques, entre 30 et 100 mètres de longueur d'onde, est extrêmement pénible et leur enregistrement automatique impossible. A peine peut-on trouver, par moments, un intervalle libre et on doit s'estimer heureux si, avant qu'on ait pu observer, une station ne vient pas troubler les réceptions et ne vous oblige pas à rechercher une autre fréquence non brouillée. Par contre, au voisinage de 110 mètres nous avons trouvé une bande généralement inutilisée. Ceci explique le choix que nous avons fait de 115 mètres pour la longueur d'onde de nos essais. Cette longueur d'onde n'est pas idéale à certains points de vue : elle est trop longue pour qu'on puisse observer les échos F de jour ; dans la soirée et au lever du soleil, la fréquence de 2,7 mégacycles est en général au voisinage de la fréquence critique pour la région E, ce qui doit introduire des perturbations dans les hauteurs mesurées.

Les circonstances ne nous permettaient pas de déplacer nos instruments ; la difficulté des communications pendant la guerre de Chine, même au voisinage de Shanghaï, nous obligeait à tout installer, transmetteur et récepteur, à l'observatoire de Zi Ka Wei. Notre programme d'observations se trouvait ainsi automatiquement fixé.

Il comporte deux parties : d'une part l'étude des hauteurs des diverses régions et de leur variation saisonnière ; d'autre part l'étude des conditions dans lesquelles s'opère la réflexion et particulièrement les variations de l'intensité des différents échos, du pouvoir réflecteur des couches, si l'on veut.

I. — DISPOSITIFS D'ÉMISSION

Pour des motifs dont l'exposé est inutile, il nous fallait tout d'abord réaliser un émetteur de signaux courts avec le seul matériel dont nous

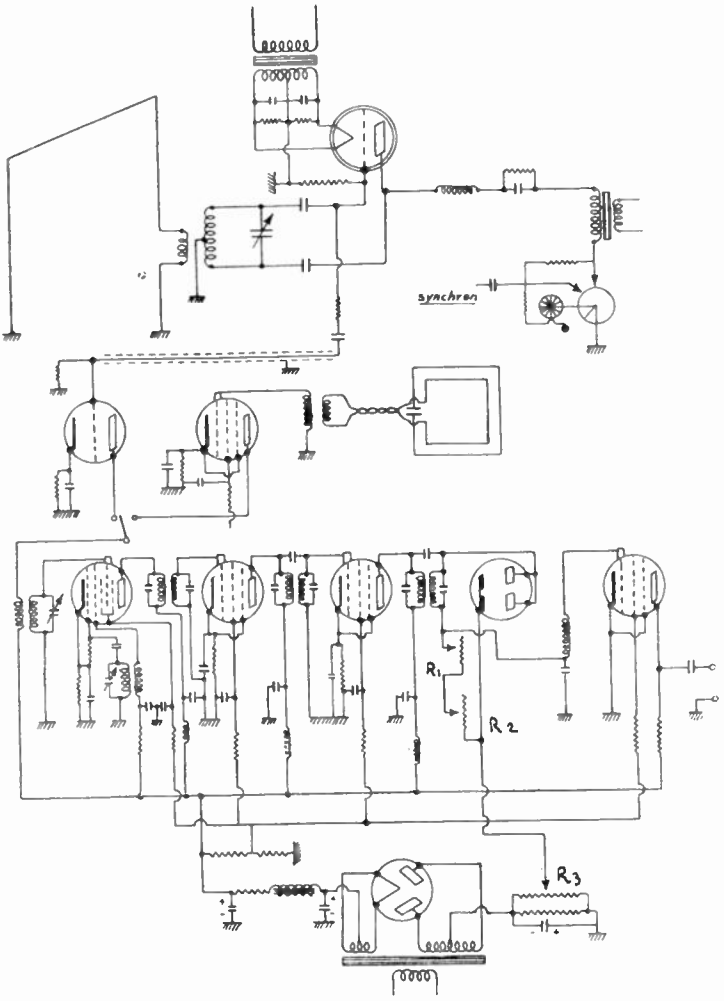


Fig. 1. — Emetteur-récepteur

disposions à l'observatoire. Aussi avons-nous adopté pour produire ces signaux le contacteur tournant. Celui-ci a été abandonné par presque tous les physiciens en raison des retours de haute fréquence qui prolongent l'étincelle de rupture de façon inacceptable. Plusieurs montages ont cependant été proposés, mais tous comportent l'addition de plusieurs tubes ou même de circuits oscillants supplémentaires qu'il faut naturellement accorder.

Un procédé beaucoup plus simple donne des résultats satisfaisants : au lieu de relier la haute tension d'alimentation plaque au tube par le contact, on interpose, entre la plaque et le secondaire du transformateur haute tension, un condensateur de faible capacité ; l'autre extrémité du secondaire est reliée au frotteur, tandis que le contact tournant, monté sur moteur synchrone, est à la masse (fig. 1, en haut à droite). Au moment du contact une des armatures du condensateur se trouve portée brusquement à un potentiel élevé ; l'autre libère une charge qui se dissipe par la plaque du tube d'émission et provoque pendant un temps très court le signal désiré ; sitôt la charge dissipée, le signal cesse : à cet instant le contact qui a poursuivi sa rotation, lâche, sans étincelle gênante.

Le condensateur, naturellement, resterait chargé ; une résistance de l'ordre de 3 à 500.000 ohms, montée en shunt, le décharge lentement, et tout se retrouve prêt pour une nouvelle émission, un cinquantième de seconde après le premier signal.

Comme le contacteur coupe une tension de l'ordre de 2 à 3.000 volts, il n'est pas nécessaire que le frotteur fixe soit appliqué contre le disque isolant tournant ; il suffit qu'il soit disposé à quelques dixièmes de millimètres ; lorsque le contact métallique passe à proximité de l'électrode fixe, une étincelle jaillit, rendant conducteur ce petit intervalle. On évite ainsi l'usure du balai et du disque isolant, et aussi les parasites qui seraient causés par les vibrations du balai au contact du disque. L'ensemble fonctionne indéfiniment sans bruit et ne demande pratiquement pas de réglage.

De la capacité interposée dans le circuit d'alimentation dépend la durée du signal : avec un tube de 250 watts et une capacité de l'ordre du centième du microfarad, on obtient des signaux de 2 dix-millièmes de seconde.

Le redressement du courant d'alimentation est inutile ; il suffit de caler la lame métallique tournante sur le moteur synchrone de telle façon que le contact se produise au moment du maximum de tension au secondaire du transformateur.

L'émetteur lui-même est un simple Hartley. Comme nous désirions

pouvoir explorer toutes les fréquences entre 1,5 et 10 mégacycles, nous disposions de trois selfs qui pouvaient être reliées à volonté au condensateur par un commutateur, toutes les prises médianes des selfs étant à la masse.

On pouvait craindre que le départ du signal avec un tube de 250 watts ne fut pas assez rapide ; en fait, le signal examiné à l'oscillographe cathodique se compose d'oscillations rapidement croissantes en amplitude, sur un tiers environ de sa durée totale, d'un maximum arrondi puis d'une décroissance un peu plus lente due à la décharge du condensateur. L'énergie émise dépasse la moitié de celle qu'on obtiendrait si le signal commençait brusquement avec l'amplitude maxima, pour disparaître de même subitement.

L'antenne. — Nous avons cherché un type d'antenne rayonnant convenablement vers le zénith pour une gamme de fréquences étendue, et dont le champ à distance, dans le plan vertical, soit aisément calculable. Après divers essais, le suivant a semblé remplir ces conditions et a été adopté.

Un brin vertical de 30 mètres, dans lequel est intercalée la self de couplage, est prolongé par un brin horizontal de 60 mètres, lui-même suivi d'une descente verticale de 30 mètres. Les deux extrémités sont reliées à la terre par des connexions résistantes de quelques centaines d'ohms, de telle sorte que l'aérien ne soit pas résonnant mais soit parcouru par des ondes progressives.

Le maximum de rayonnement au zénith se trouve pour une longueur d'onde de 120 mètres environ, mais ce maximum est assez plat et le rendement reste excellent tant que la longueur d'onde ne s'écarte pas trop de cette valeur.

Il est facile de calculer le champ à distance d'un tel aérien :

Soit $I = I_0 \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} z\right)$ le courant dans le brin vertical AB, au point M tel que $AM = z$. Le champ élémentaire dû à l'élément dz, au point P, à grande distance $MP = r$, sera, en désignant par c la vitesse de la lumière :

$$dE_1 = \frac{2\pi c}{\lambda r} I_0 \sin\psi \cos\left(\omega t - \frac{\pi z}{\lambda} - \frac{2\pi r}{\lambda}\right) dz \quad .$$

Posons $AP = r_0$; on aura (fig. 2) : $r = r_0 - z\cos\psi$ quelque soit θ ; d'où :

$$dE_1 = \frac{2\pi c}{\lambda r} I_0 \sin\psi \cos\left[a - \frac{2\pi}{\lambda}(1-\cos\psi) z\right] dz$$

En intégrant de A à B soit de 0 à $\lambda/4$, on aura, pour le champ total dû au brin AB :

$$E_1 = -\frac{2\pi c}{\lambda r}\,\frac{I_0 \lambda \sin\psi}{2\pi(1-\cos\psi)}\left[\sin\left[a-\frac{2\pi}{\lambda}(1-\cos\psi)z\right]\right]_0^{\lambda/4}$$

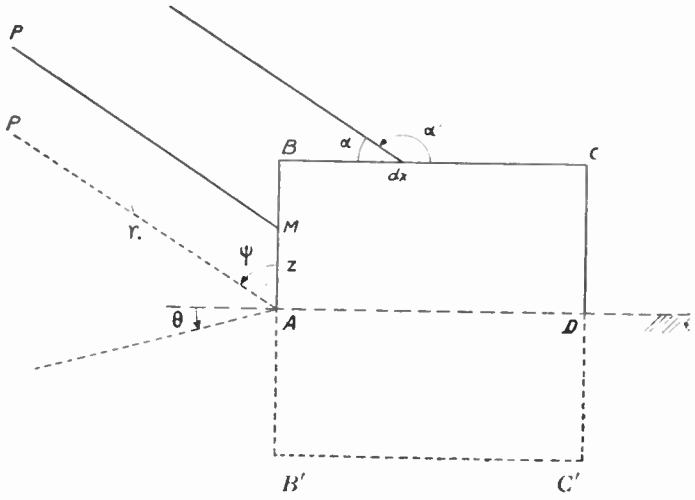


Fig. 2

ou :

$$E_1 = \frac{2c\,I_0}{r}\,\frac{\sin\psi}{1-\cos\psi}\sin\left[\frac{\pi}{4}(1-\cos\psi)\right]\cos\left[a-\frac{\pi}{4}(1-\cos\psi)\right].$$

Le champ dû à l'image AB' de AB, s'obtiendra en changeant cos ψ en $-\cos\psi$.

$$E_1' = \frac{2c\,I_0}{r}\,\frac{\sin\psi}{1+\cos\psi}\sin\left[\frac{\pi}{4}(1+\cos\psi)\right]\cos\left[a-\frac{\pi}{4}(1+\cos\psi)\right]$$

Le champ dû au brin C D sera, en remarquant que le courant dans ce brin, au point de hauteur z, est $I = -I_0 \sin\left(\omega t + 2\pi\frac{z}{\lambda}\right)$:

$$E_2 = -\frac{2c\,I_0}{r}\,\frac{\sin\psi}{1+\cos\psi}\sin\left[\frac{\pi}{4}(1+\cos\psi)\right]\cos\left[a-\pi\cos\alpha+\frac{\pi}{4}(1+\cos\psi)\right]$$

et le champ dû à l'image DC' :

$$E'_2 = -\frac{2c\,I_0}{r}\frac{\sin\psi}{1-\cos\psi}\sin\left[\frac{\pi}{4}(1-\cos\psi)\right]\cos\left[a-\pi\cos\alpha+\frac{\pi}{4}(1-\cos\psi)\right]$$

Ces quatre champs sont perpendiculaires à AP, dans le plan vertical contenant AP. On peut les ajouter algébriquement : on obtient finalement, pour le champ résultant des brins verticaux et de leurs images :

$$E_v = -\frac{4c\,I_0}{r}\sin\left(a-\frac{\pi}{2}\cos\alpha\right)\left\{\frac{\sin\psi}{1-\cos\psi}\sin\frac{\pi}{4}(1-\cos\psi)\sin\left[\frac{\pi}{2}\cos\alpha - \frac{\pi}{4}(1-\cos\psi)\right] + \frac{\sin\psi}{1+\cos\psi}\sin\frac{\pi}{4}(1+\cos\psi)\sin\left[\frac{\pi}{2}\cos\alpha-\frac{\pi}{4}(1+\cos\psi)\right]\right\}$$

En remarquant qu'en un point d'abscisse x du brin horizontal, le courant est : $I = I_0\sin\left[\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}\left(\frac{\lambda}{4}+x\right)\right] = I_0\sin\left[\omega t - \frac{\pi}{2} - 2\pi\frac{x}{\lambda}\right]$ le champ élémentaire d'un élément dx, à une distance r, est :

$$dE_3 = \frac{2\pi c\,I_0}{\lambda r}\sin\alpha'\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2} - 2\pi\frac{x}{\lambda} - 2\pi\frac{r}{\lambda}\right)dx$$

d'où, en remplaçant r par sa valeur : $r = r_0 - \frac{\lambda}{4}\cos\psi + x\cos\alpha$, où x est toujours positif, $\cos\alpha$ positif si $0 < \frac{\pi}{2}$, $\cos\alpha$ négatif si $0 > \frac{\pi}{2}$, et $\sin\alpha' = \sin\alpha$ dans tous les cas, on a :

$$E_3 = \frac{2\pi c\,I_0}{\lambda r}\sin\alpha\int_0^{\frac{\lambda}{2}}\cos\left[a-\frac{\pi}{2}(1-\cos\psi)-\frac{2\pi}{\lambda}(1+\cos\alpha)x\right]dx$$

$$= \frac{2c\,I_0}{r}\frac{\sin\alpha}{1+\cos\alpha}\sin\left[\frac{\pi}{2}(1+\cos\alpha)\right]\cos\left[a-\frac{\pi}{2}(1-\cos\psi)-\frac{\pi}{2}(1+\cos\alpha)\right]$$

et le champ total du brin horizontal et de son image s'écrit :

$$E_h = \frac{4c\,I_0}{r}\frac{\sin\alpha}{1+\cos\alpha}\sin\left[\frac{\pi}{2}(1+\cos\alpha)\right]\sin\frac{\pi}{2}\cos\psi\sin\left(a-\frac{\pi}{2}\cos\alpha\right)$$

Les deux champs E_v et E_h au point M seront dirigés suivant les tangentes à la sphère de centre A, E_v dans le plan méridien, E_h dans le plan AMH. Les deux champs font entre eux un angle M qu'on obtient par la résolution du triangle HMZ (fig. 3)

$$\sin \theta \operatorname{cotg} M_1 = \sin \psi \operatorname{cotg} \frac{\pi}{2} - \cos \psi \cos \theta$$

ou :

$$\operatorname{tg} M_1 = \frac{\operatorname{tg} \theta}{\cos \psi}$$

En particulier : pour $\theta = o$, dans le plan de l'antenne, les champs ont même direction : pour $\theta = \frac{\pi}{2}$, c'est-à-dire dans le plan perpendiculaire à l'antenne, les champs sont à angle droit.

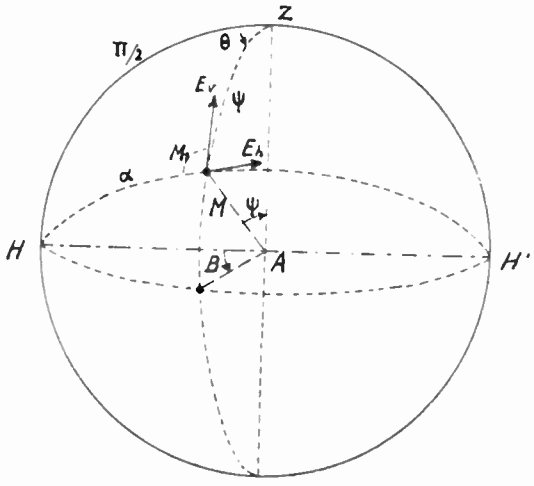
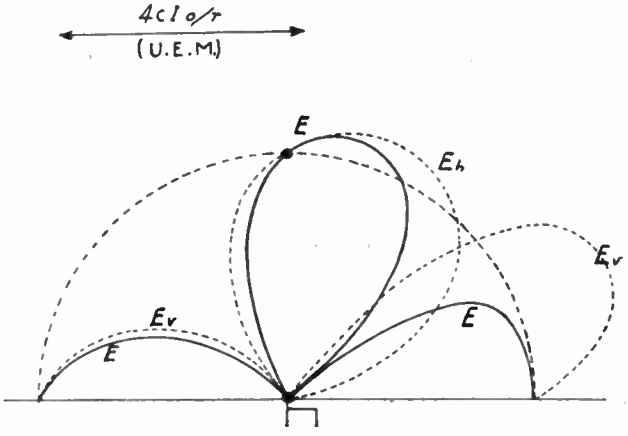


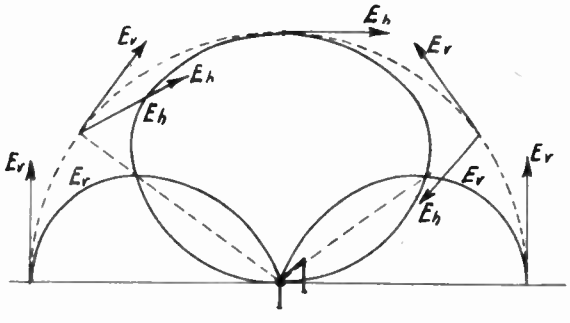
Fig. 3

On peut représenter dans l'espace le champ résultant : sur la figure 4 on a reproduit deux coupes de la figure obtenue, l'une dans le plan de l'antenne, l'autre dans le plan normal. Sur la première, les deux composantes dues aux brins verticaux et au brin horizontal sont représentées séparément en pointillé, ainsi que la résultante en trait plein. Sur la seconde on n'a représenté que chaque composante E_h et E_v : le champ dû aux brins verticaux est normal au rayon vecteur dans le plan vertical, tandis que le champ dû au brin horizontal est lui-même horizontal.

On se rend compte sur ces figures que le champ au zénith n'est pas maximum, mais est près de l'être : que, s'il existe de grands angles solides sous lesquels l'antenne rayonne presque autant qu'au zénith, il reste toute une portion de l'espace, dans le sens opposé à l'antenne, où il y a



Plan de l'antenne.
Les champs Ev et Ek s'ajoutent algébriquement.



Plan perpendiculaire à l'antenne.
Les champs Ev et Eh sont à angle droit.

Fig. 4

peu d'énergie perdue. Le type d'antenne étudié a donc un assez bon rendement.

Par ailleurs rien n'est plus facile que de calculer le champ au zénith : Les formules précédentes nous montrent en effet, comme il était évi-

dent, que le champ dû aux brins verticaux est nul ; le champ dû au brin horizontal et son image donnent :

$$H = \frac{4\,c\,I_0}{r}$$

En remplaçant I_0, courant maximum par i, courant efficace, en ampères, r en kilomètres, H en millivolts par mètre, il vient :

$$H = 120\,\frac{i}{r}$$

résultat qui aurait pu être établi directement en assimilant le brin rayonnant horizontal à un « oscillateur linéaire ».

Variation du champ au zénith en fonction de la longueur d'onde. — Le champ dû à un élément du brin horizontal peut s'écrire :

$$dE_1 = \frac{2\pi\,c\,I_0}{\lambda\,r}\cos\left(\omega t - 2\pi\,\frac{x}{\lambda} - 2\pi\,\frac{r}{\lambda}\right)dx$$

et le champ total dû à un brin horizontal de longueur l :

$$E_1 = -\frac{c\,I_0}{r}\sin\left[\omega t - 2\pi\,\frac{r}{\lambda} - 2\pi\,\frac{x}{\lambda}\right]_{x=0}^{x=l}$$

soit, en désignant par m le rapport l/λ :

$$E_1 = -\frac{c\,I_0}{r}\left[\sin\left(\omega t - 2\pi\,\frac{r}{\lambda} - 2\pi\,m\right) - \sin\left(\omega t - 2\pi\,\frac{r}{\lambda}\right)\right]$$

$$= -\frac{c\,I_0}{r}\left[(\sin a - 2\pi\,m) - \sin a\right]$$

de même, le champ dû à l'image sera, en désignant par h la hauteur de l'antenne :

$$E_2 = \frac{c\,I_0}{r}\left[\sin\left(a - 4\pi\,\frac{h}{\lambda} - 2\pi\,m\right) - \sin\left(a - 4\pi\,\frac{h}{\lambda}\right)\right]$$

soit, en posant $h = l/2$:

$$E_2 = \frac{c\, I_0}{r}\left[\sin(a - 4\pi m) - \sin(a - 2\pi m)\right]$$

Le champ total s'écrit dès lors :

$$E = \frac{c\, I_0}{r}\left[-2\sin(a - 2\pi m) + \sin(a - 4\pi m) + \sin a\right]$$

soit enfin, par des transformations évidentes :

$$E = -\frac{4\, c\, I_0}{r}\sin^2 \pi m \cdot \sin(a - 2\pi m)$$

Le champ au zénith varie donc en amplitude comme $\sin^2 \pi m$, qu'on peut représenter par le graphique ci-dessous (fig. 5) qui montre que le rendement est encore acceptable, (50 %), pour des longueurs d'antenne variant de 3/4 λ à 1/4 λ.

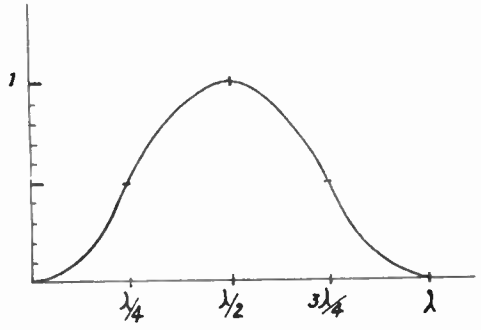


Fig. 5

De ceci résulte que l'antenne étudiée ici a sur le doublet un avantage considérable : non seulement le champ est calculable aisément, mais les conditions de fonctionnement restent assez bonnes dans une gamme étendue de fréquences.

Pour terminer cette étude de l'émetteur, il nous reste à mesurer le courant efficace dans l'antenne. Nous avons procédé comme suit : quelques spires supplémentaires sont introduites dans l'antenne formant, le primaire d'un transformateur haute fréquence, dont le secondaire est relié aux plaques de déviation verticale de l'oscillographe cathodique. Des

signaux sont émis et on mesure la déviation du spot. Sans toucher ensuite aux réglages de l'émetteur on lui fait émettre un signal continu, en l'alimentant par une génératrice dont on fait varier la tension jusqu'à obtenir une déviation semblable sur l'oscillographe ; on lit alors l'ampèremètre d'antenne qui nous donne le courant efficace correspondant au maximum atteint au cours du signal.

Nous avons étalonné ainsi l'émetteur pour toute longueur d'onde ; au voisinage de 115 mètres le courant est peu variable avec la longueur d'onde, de l'ordre de 0,45 ampère. C'est cette quantité que nous adopterons pour les évaluations du champ à distance ; elle doit être exacte à 10 % près.

II. — RÉCEPTION

Les premiers essais de réception furent faits à environ 4 kilomètres de distance avec un récepteur vulgaire et ne présentèrent aucune difficulté. Mais lorsqu'il fut résolu de placer le récepteur à proximité immédiate du transmetteur, il fallut entreprendre la construction d'un récepteur approprié : le signal, en effet, reçu avec une intensité considérable bloquait le récepteur pendant un temps beaucoup trop long. Il fallait un récepteur dont la constante de temps fut aussi réduite que possible à tous les étages tout en conservant une suffisante sélectivité, à cause des brouillages dûs aux nombreuses stations d'émission voisines.

On aurait pu utiliser une antenne quelconque, mais rien ne nous interdisait de prendre l'antenne d'émission elle-même, et de plus, d'utiliser le circuit oscillant d'émission couplé à cette antenne comme premier circuit de réception : ce circuit oscillant se trouve automatiquement exactement accordé et il est peu amorti. Pour le coupler à l'amplificateur de façon telle que les tensions développées au moment du signal puissent être supportées par la première lampe, une résistance et un condensateur en série sont disposés entre une des extrémités du circuit oscillant et la grille de contrôle de cette lampe. La plaque est reliée au transformateur d'entrée du superhétérodyne, qui n'offre aucune particularité (fig. 1), jusqu'à la détection, assurée par une diode, suivie d'une amplificatrice reliée par un montage à résistance « à courant continu ».

Les variations de sensibilité du récepteur s'obtiennent par changements de la valeur des résistances R_1 et R_2 respectivement de 1.000 et 10.000 ohms, et de R_3 qui règle la polarisation du dernier tube.

Les résistances R_1 et R_2 permettent de faire varier l'amplification en volts du récepteur, tandis que R_3 relève le seuil au-dessous duquel

le récepteur n'amplifie plus ; le réglage de cette dernière résistance permet donc d'éliminer complètement les brouillages faibles par rapport aux signaux à recevoir, et d'obtenir sur l'écran un tracé de base net de parasites, en général (1).

Etalonnage du récepteur. — Des mesures précises de la force électromotrice induite dans un aérien par un signal donné peuvent être faites à l'aide d'un générateur étalonné de David : dans ce but l'antenne est reliée en série à la self de sortie de celui-ci. Il suffit d'observer la déviation du spot sur l'oscillographe cathodique au moment du signal, puis de reproduire, par le générateur étalonné la même déviation sans toucher au récepteur.

Dans le cas de signaux très courts, comme ceux que nous voulons mesurer ici, on pourrait objecter à cette méthode classique que le récepteur ne répond pas de la même façon à des signaux de très courte durée et à des signaux relativement longs ou à une onde continue émise par le générateur étalonné. Pour couper court à cette objection, nous avions tout d'abord transformé le générateur de David en prolongeant le blindage contenant l'hétérodyne, de manière à pouvoir enfermer avec elle un contacteur rotatif fournissant des signaux courts.

Ce montage a fonctionné parfaitement lorsque les forces électromotrices à mesurer étaient supérieures au millivolt. Mais lorsque nous eûmes à mesurer des forces électromotrices plus faibles, le simple blindage que nous avions construit, et les filtres disposés sur les fils d'alimentation du moteur se révélèrent insuffisants. Il eût fallu doubler les blindages et refaire des filtres mieux étudiés.

L'expérience fut faite alors d'une comparaison directe des réponses du récepteur à des signaux de différentes durées.

Un contacteur fut monté sur un poste d'émission auxiliaire situé à une vingtaine de mètres du récepteur, sans antenne. On s'aperçut que les déviations à l'oscillographe cathodique restaient très sensiblement les mêmes, que le contacteur fut mis en route ou qu'on manipulât pour obtenir une émission continue. Il devait d'ailleurs en être ainsi puisque chaque élément de l'amplificateur avait été étudié de façon que la constante de temps soit inférieure à la durée des signaux.

---

(1) Je suis heureux de remercier ici le P. Lichtenberger, qui a bien voulu mettre au point ce récepteur, et dont la collaboration au cours des essais m'a été extrêmement précieuse, ainsi que le P. Dumas qui a, notamment, fait toutes les observations de 6 heures.

Cette constatation simplifiait beaucoup les mesures : il nous suffisait désormais d'étalonner le récepteur en émission continue du générateur étalonné.

De plus, comme les intensités d'échos sont variables dans de grandes proportions d'un jour à l'autre et le plus souvent d'un instant à l'autre, il n'est pas utile de rechercher une grande précision. Il suffit donc d'étalonner le récepteur une fois pour toutes, et de vérifier ensuite de loin en loin que sa sensibilité reste comparable à elle-même.

Des abaques ont été construits, donnant pour chaque position de rhéostats R_1, R_2, R_3, la valeur de la force électromotrice saturant la dernière lampe. L'ordre de grandeur d'un signal est alors obtenu simplement en manœuvrant les rhéostats jusqu'à ce que le signal provoque la saturation. On lit immédiatement sur les abaques la force électromotrice, dans l'antenne, correspondante.

Pratiquement, on peut faire varier la sensibilité du récepteur de telle sorte que la force électromotrice qui provoque la saturation varie de quelques dixièmes à quelques dizaines de millivolts.

Sur la longueur d'onde de 115 mètres, le cadre de réception a environ une demi-longueur d'onde de base : sa hauteur étant de 30 mètres, sa hauteur effective est de 60 mètres. Les champs mesurés s'échelonnent donc entre des valeurs de l'ordre de 10 à 1.000 microvolts par mètre. Ces limites conviennent parfaitement car d'une part le champ maximum possible de l'émetteur, à 200 kilomètres, c'est-à-dire en supposant la région E parfaitement réfléchissante, est de l'ordre de 250 microvolts par mètre tandis que, d'autre part, les brouillages et le bruit de fond des parasites deviennent ici extrêmement gênants dès qu'on cherche à enregistrer des signaux correspondant à moins de 20 microvolts par mètre.

Dispositifs enregistreurs. — Le montage de l'oscillographe cathodique est classique : le type que nous possédions (RCA écran vert 1.500 volts) n'est peut-être pas le plus actinique, mais très lumineux, se prête également bien en même temps à l'observation visuelle et à la photographie. Le temps de pose peut être fortement réduit par l'emploi de films modernes, sensibles au vert, tels que le superpan Kodak plus XX. On obtient d'assez bons clichés, avec des ouvertures d'objectifs F/2 et des temps de pose de l'ordre de 1/5 de seconde (10 balayages).

Le balayage est obtenu par charge de condensateurs à travers un tube à grille-écran, déchargés par un thyratron. La synchronisation est commandée par le contacteur tournant : on a disposé à cet effet, un peu

avant le frotteur chargé de produire le signal, un second frotteur fixe relié par une résistance et une capacité au transformateur d'alimentation haute tension de l'émission. Le contact tournant est à la terre ; au moment de son passage devant le contact de synchronisation, une étincelle éclate qui provoque dans le transformateur de synchronisation une tension suffisante pour déclancher la décharge à travers le thyratron (fig. 1). En modifiant la position de ce frotteur on peut provoquer le début du balayage à une distance quelconque du signal et par suite obtenir l'image du signal sur l'écran fluorescent à la place voulue.

Observations visuelles, mesure des hauteurs effectives des couches ionisées. — Pour pouvoir mesurer sur l'écran de l'oscillographe les distances entre le signal et les échos successifs, il faut graduer l'axe de balayage car celui-ci n'est pas exactement linéaire : la vitesse du spot décroît légèrement d'une extrémité à l'autre. Aussi a-t-il été nécessaire de poser des repères intermédiaires assez rapprochés pour qu'on puisse considérer le déplacement du spot comme uniforme dans l'intervalle de deux repères consécutifs. Dans ce but, un disque auxiliaire portant douze contacts a été monté sur le moteur synchrone. Pendant les observations le contact fixe est escamoté. Lorsqu'on veut graduer le balayage on le fait frotter : chaque cinquantième de seconde est alors divisé en douze parties égales ; l'intervalle séparant deux encoches successives sur l'écran est de un six-centième de seconde correspondant à un trajet des ondes de 500 kilomètres, aller et retour, soit à 250 kilomètres de hauteur pour la couche ionisée. Une échelle transparente, dont les graduations se resserrent régulièrement, est divisée de telle sorte qu'on puisse toujours placer 12 des grandes divisions en coïncidence avec les encoches sur l'écran. Chaque intervalle de la règle est lui-même subdivisé en 10 parties égales de façon qu'on puisse lire directement les hauteurs de 25 en 25 km., en interpolant, les lectures peuvent être faites à 10 kilomètres près.

En ayant soin de maintenir constante, par un survolteur, la tension d'alimentation de l'oscillographe, la position de la règle est toujours à peu près la même : on peut la placer dans la même position pour chaque expérience et ne faire de vérifications que de loin en loin.

Enregistrement photographique. — Deux appareils de prises de vue ont été montés. Le premier est une chambre cinématographique ordinaire d'ouverture F/2,7. Elle permet d'enregistrer les phénomènes rapides, les modifications des échos par exemple. La luminosité du tube et l'ouverture de l'objectif ne sont pas suffisantes pour enregistrer à la cadence

d'images requise pour les vues cinématographiques, mais permettent l'enregistrement de 3 vues par seconde, cadence convenable pour une étude ultérieure des détails qui auraient échappé à l'observation visuelle.

Un second appareil est disposé à côté du premier. D'une part, muni d'un obturateur, il permet des prises de vues simples, d'autre part muni d'un mouvement électrique entraînant lentement le film de façon continue (15 $^{m}/_{m}$ par minute), il permet d'enregistrer les variations d'intensité d'un écho déterminé. A cet effet une fente mobile verticale isole l'écho à étudier sur l'écran dont le reste est obturé. Une image instantanée de l'écho se traduit sur le film par une fine raie verticale dont la hauteur mesure l'intensité de l'écho. Si celle-ci reste constante, le mouvement du film provoquera sur celui-ci une image rectangulaire de densité uniforme : si, au contraire, l'intensité de l'écho varie, ce qui est le cas général, la hauteur impressionnée variera et on obtiendra directement sur le film la représentation des variations de cette intensité. L'étalonnage se fait aisément : la déviation maxima du spot, correspondant à la saturation du dernier tube de l'amplificateur est en effet toujours la même, si le tube est alimenté sous tension constante, et par suite, il n'y a qu'à noter, à chaque enregistrement la position des trois rhéostats de l'amplificateur, comme il a été dit plus haut. On en déduira, par les abaques dont nous avons parlé, la force électromotrice qui devrait être induite dans l'antenne pour obtenir la déviation correspondant à la saturation. Pour le degré de précision cherché, il suffit d'admettre que les déviations à l'oscillographe sont proportionnelles à la force électromotrice appliquée à l'entrée de l'amplificateur, pour avoir la graduation complète sur le film ; cette supposition n'est pas exacte, mais suffisamment approchée en pratique. Comme on le verra plus loin en effet, les variations sont d'un ordre de grandeur tel que la recherche d'une précision supérieure à 25 $^{0}/_{0}$ par exemple, serait tout à fait inutile.

Programme d'observations. — En janvier 1939, on a commencé des observations visuelles régulières : les étalonnages n'étant pas encore terminés, seules les hauteurs de couches étaient mesurées, on commençait cependant à enregistrer les variations relatives d'intensité.

En principe, une observation était faite aux heures suivantes : 6 h., 8 h., 10 h. ou 11 h. 30, 16 h., 20 h., 21 h., 22 h. Temps local, soit G M T + 8 heures.

Au premier mars 1939, les étalonnages étaient terminés et à partir de cette date les enregistrements gradués commencèrent et furent ensuite poursuivis régulièrement.

RÉSULTATS

Les principaux résultats sont résumés sur les graphiques suivants.

1° *Hauteurs de la région E.*

Sur les premiers on trouvera les hauteurs effectives de la région E à certaines heures de la journée, chaque fois qu'ils ont pu être observés. Les périodes rayées sont celles où les observations n'ont pas été faites : les traits verticaux indiquent les jours isolés où on n'a pas observé. Les jours où on ne trouve pas d'indication sont, au contraire, les jours où l'écho a été cherché et n'a pu être décelé.

On voit que pratiquement l'écho de la région E apparaît sur 115 mètres le matin entre 6 heures et 8 heures, mais qu'il est observé assez souvent déjà à 6 heures, surtout quand on se rapproche de l'été. De même il disparaît fréquemment entre 19 h. et 21 h., mais cette disparition comporte aussi de très nombreuses exceptions. Les hauteurs des couches sont variables avec l'heure au début et à la fin de la journée, plus constantes dans le courant du jour. On note une variation régulière saisonnière, les hauteurs moyennes passant de 120 kilomètres en hiver à 150 à la fin du printemps.

On a noté sur les graphiques par des croix, au-dessus de chaque observation, lorsqu'il y a lieu, le nombre d'échos multiples observés : une croix signifie que deux échos ont été observés ; deux croix correspondent à 3 échos, etc. On voit combien fréquents sont ces échos multiples dans la soirée à partir du printemps. On verra sur le graphique suivant que ces multiplicités de l'écho E correspondent généralement à l'absence de l'écho F. On note des cas en assez grand nombre cependant où les deux séries coexistent.

2° *Hauteurs de la région F.*

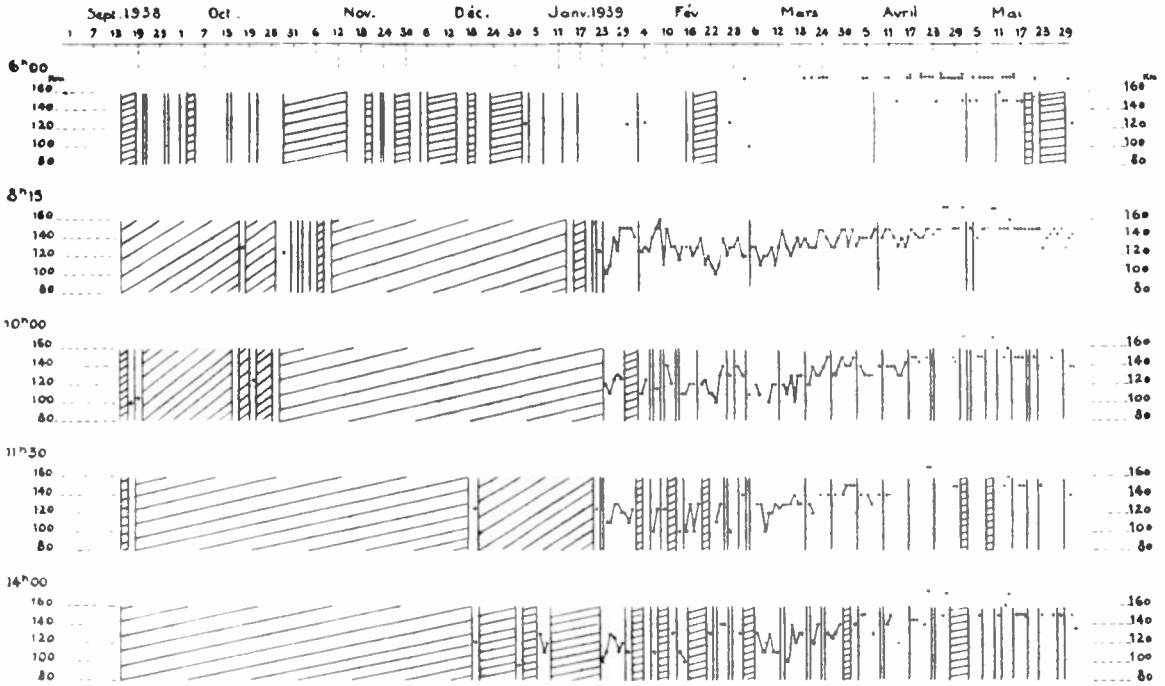
Sur les graphiques du deuxième groupe, on trouvera les hauteurs de la région F et les hauteurs qui correspondraient aux deux premiers multiples que nous appelons 2F, 3F. On a encore ici marqué par des croix les multiples d'ordre supérieur à 3.

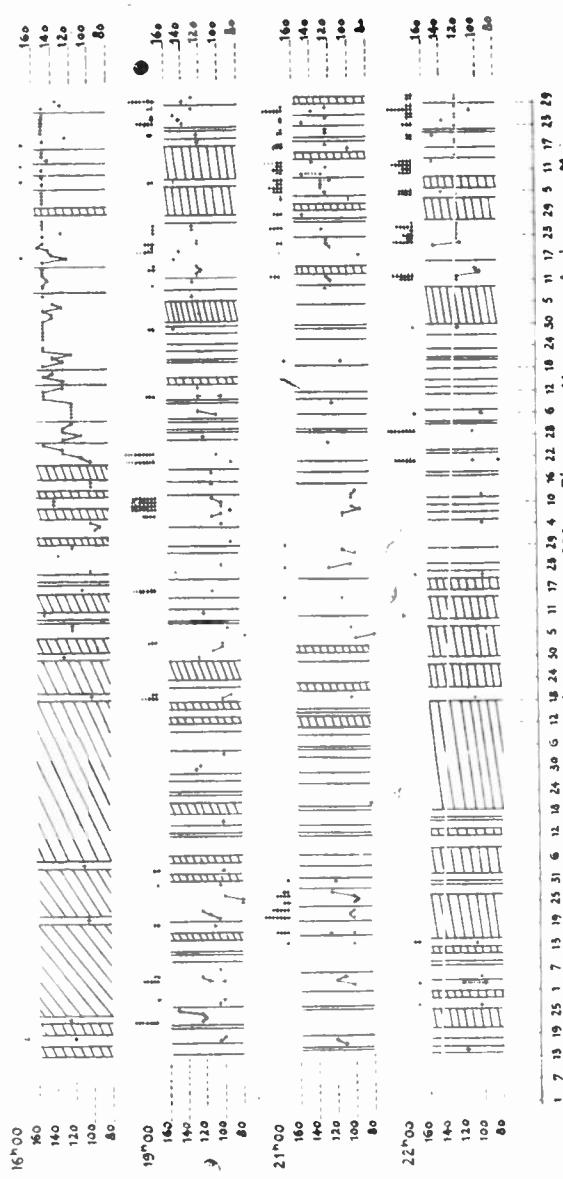
Une variation annuelle régulière de la hauteur de la région F apparaît nettement sur les observations de 21 heures : on la retrouve, quoique moins marquée à 19 et 22 heures ; par contre, elle est complètement masquée, à 6 heures, par un maximum très prononcé qui s'est produit en hiver.

Une différence se lit entre les observations de 19 heures et celles de 22 heures : alors qu'à 19 heures les hauteurs restent généralement au-

Echos E

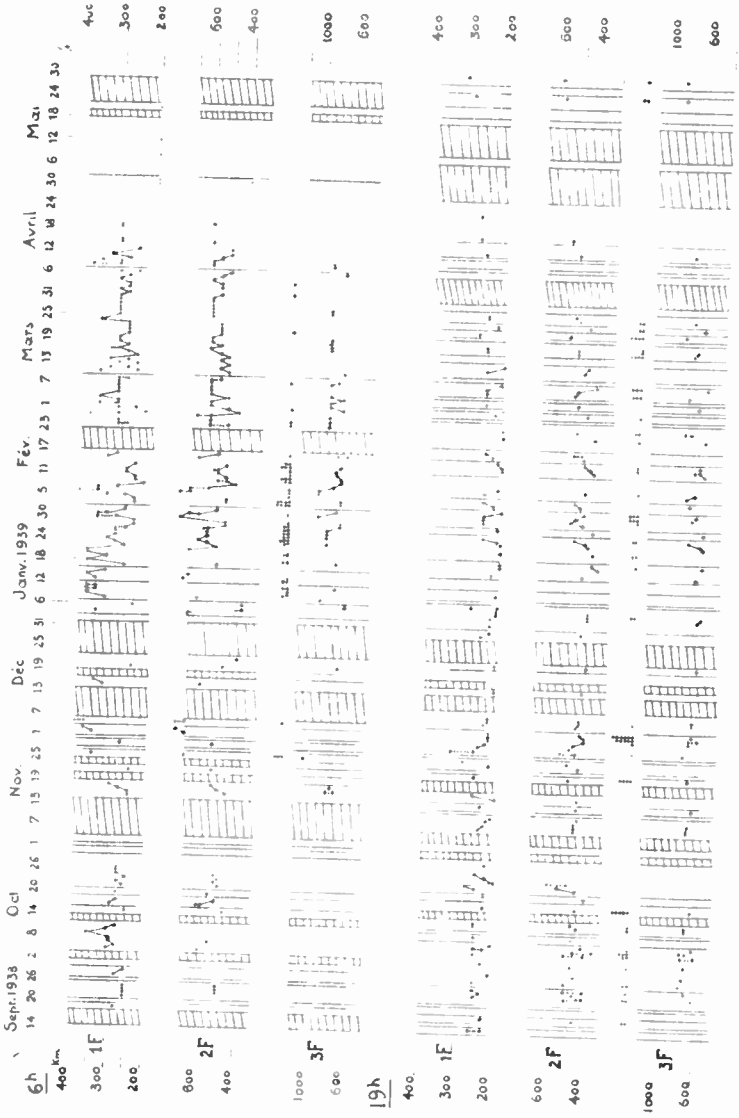
Hauteurs en kilomètres

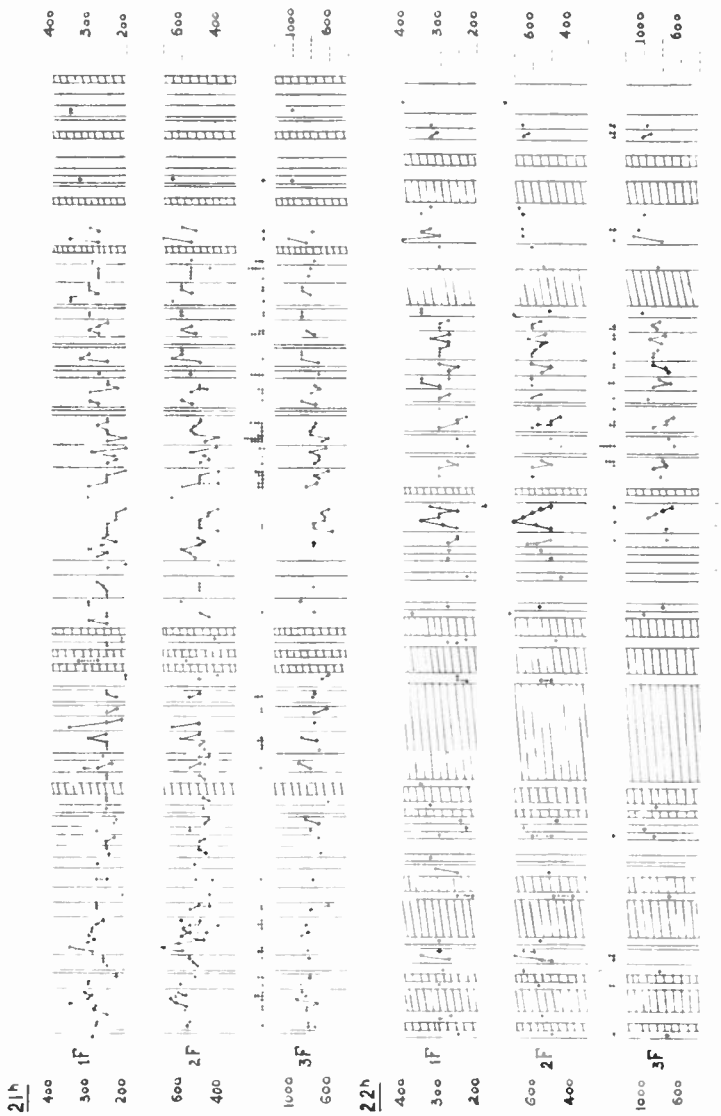



16h00
19h00
21h00
22h00
160
140
120
100
80
1 7 13 19 25 1 7 13 19 25 31 6 12 18 24 30 6 12 18 24 30 5 11 17 23 29 4 10 16 22 28 6 12 18 24 30 5 11 17 23 29 5 11 17 23 29
Sept. 1938
Oct.
Nov.
Déc.
Janv. 1939
Fév
Mars
Avril
Mai
jours où on n'a pas observé.
périodes pendant lesquelles on n'a pas observé.
nombre d'échos multiples observés.

Echos F

Hauteurs en kilomètres




21h
22h
1F
2F
3F
400
300
200
600
1000
14 20 26 2 8 14 20 26 1 7 13 19 25 1 7 13 19 25 31 6 12 18 24 30 5 11 17 23 1 7 13 19 25 31 6 12 18 24 30 6 12 18 24 30
Sept. 1938 Oct. Nov Déc. Janv. 1939 Fév. Mars Avril Mai

dessous de 250 kilomètres, elles dépassent souvent 300 kilomètres à 22 heures.

Le choix de la longueur d'onde nous prive des observations d'échos F dans la journée : ces échos disparaissent en effet vers 7 heures du matin pour ne réapparaître que tard dans la soirée, généralement entre 17 et 18 heures.

Le maximum d'échos multiples s'observe cette fois à 21 heures, leur nombre diminuant notablement déjà à 22 heures.

3° *Intensité des échos E.*

La série des graphiques suivants représente la variation des forces électromotrices induites dans l'aérien, qui, comme il a été dit, a une hauteur effective de 60 mètres. Les nombres portés en ordonnées sont en millivolts : en les divisant par 60 on a le champ en millivots par mètre.

Comme on l'a vu, le champ qu'on obtiendrait avec un pouvoir réflecteur unité de la région E, et sans absorption sur le parcours, serait de l'ordre de 0,3 millivolt pour une couche à 100 kilomètres, 0,2 millivolt à 150 kilomètres.

Dans la journée, les échos reçus sont dûs à des champs de l'ordre de 0,009 millivolt par mètre : le pouvoir réflecteur apparent ne serait donc que de 0,05. Par contre, dans la soirée, les forces électromotrices mesurées dans l'aérien atteignent parfois 9 millivolts, *indiquant un facteur de réflexion de l'ordre de* 0,8.

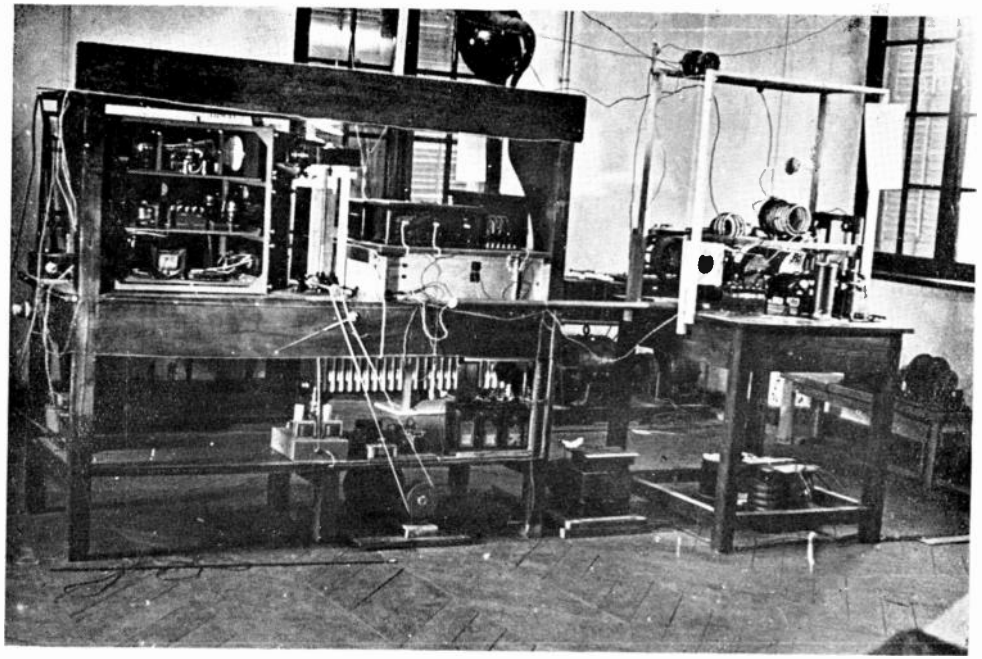
On remarquera que ces jours là ne correspondent pas toujours à ceux où on observe le plus d'échos multiples : il arrive qu'il ne soit observé qu'un seul écho.

Bien que les mesures ne portent que sur un trop petit nombre de mois, il semble qu'on puisse voir se dessiner une variation saisonnière, mais il faudra une durée plus longue d'observations pour en préciser le caractère. Par contre on peut voir immédiatement la différence considérable des intensités dès le coucher du soleil : à 16 heures les forces électromotrices mesurées se tiennent autour du demi-millivolt tandis qu'à 19 heures elles atteignent les fortes valeurs mentionnées plus haut. *Elles ne cessent d'ailleurs d'augmenter jusqu'à 22 heures au moins.*

4° *Mesures d'intensité des échos F.*

Le champ réfléchi par la région F doit être plus faible, la distance étant environ deux fois plus grande. En fait on n'observe qu'une seule fois 9 millivolts : ce nombre est probablement trop fort puisqu'il dépasserait la valeur théorique qu'on obtiendrait avec un miroir parfait et sans

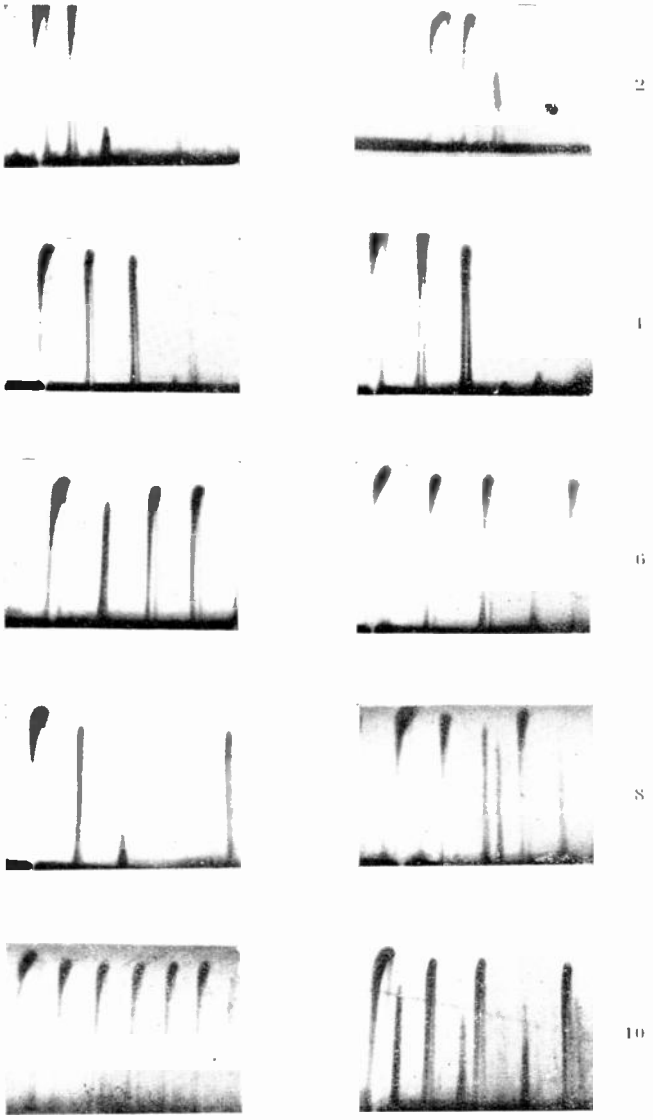
Planche I



Ensemble Emetteur-Récepteur

Planche II

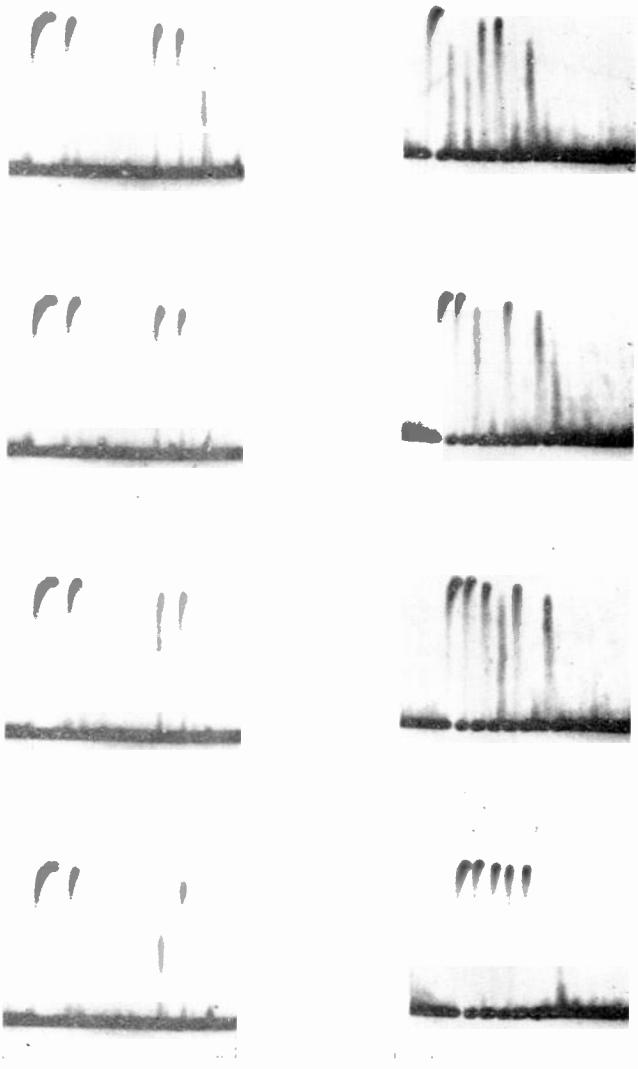
Types d'échos classiques



1 Echo E.
2 Echos E et 2 E.
3-4 Echos F et 2 F.
5 Noter l'écho 2 F d'intensité supérieure à F
7 Noter l'écho 5 F.
8 Noter l'écho entre 2 F et 3 F.
9 Echos multiples de E.
10 Echos E et F et multiples entremêlés

Planche III

Vues cinématographiques
(intervalle entre deux vues 0 s. 7)

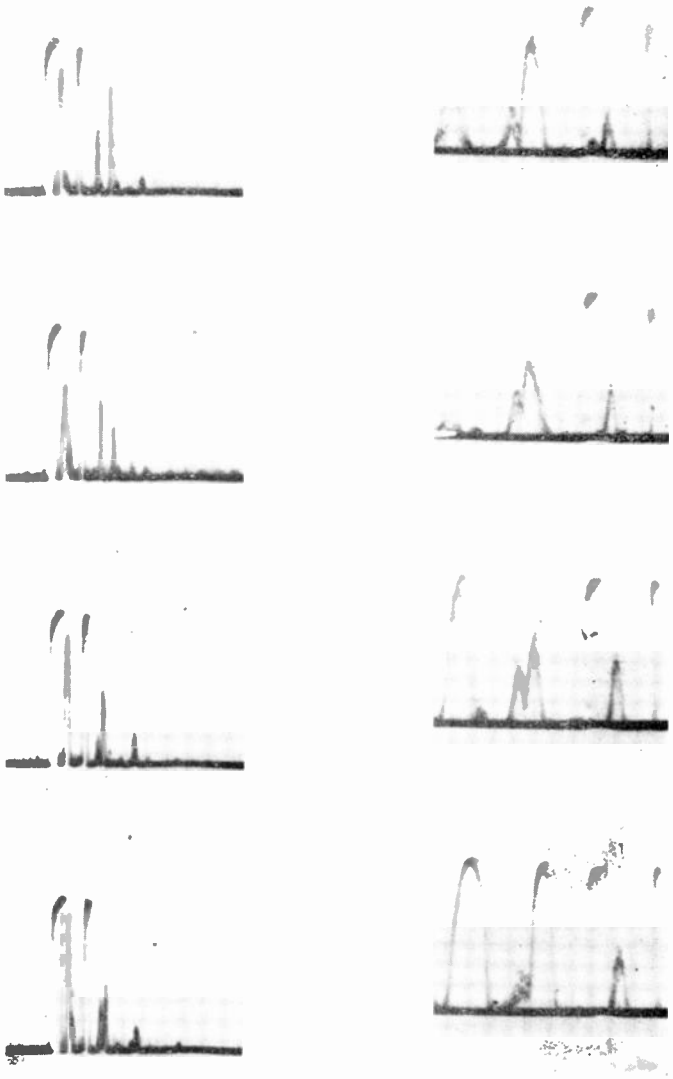


I II

Variations d'intensité de multiples d'échos E.
I. Noter les variations différentes des échos 4 E, 5 E, 6 E.
II. Remarquer la variation des échos 1 et 3 en sens inverse.

Planche IV

Vues cinématographiques (intervalle 0 s. 7)



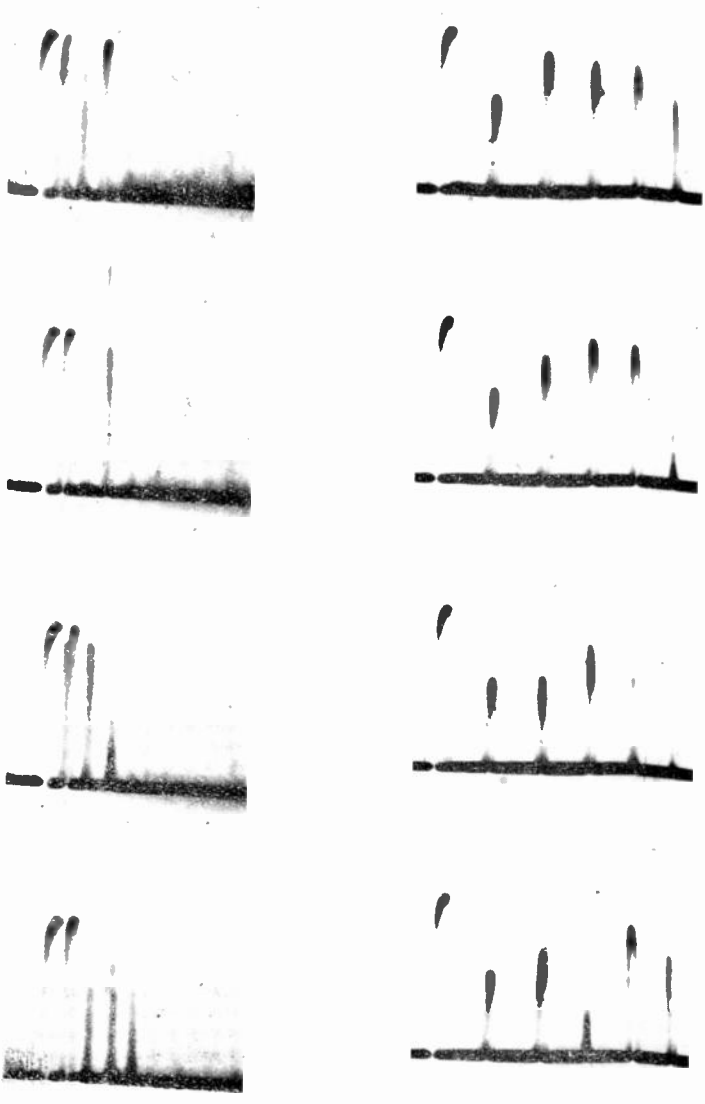
I II

I. Noter la complexité de l'écho E sur la vue 2.
de l'écho 3 E sur les vues 3 et 4.

II. Détails d'une transformation rapide d'un écho F, au centre des clichés.

Planche V

Vues cinématographiques (intervalle 0 s. 7)



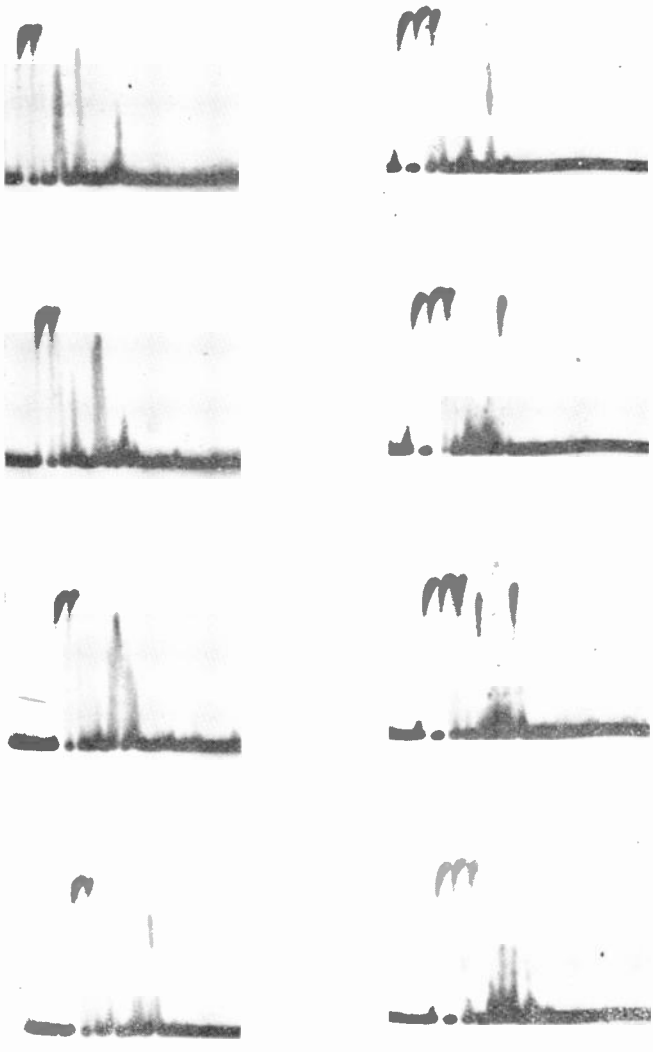
I II

I. Variations rapides de multiples d'echos E.

II. Variations rapides de multiples d'echos F.

Planche VI

Vues cinématographiques (intervalle 0 s. 7)

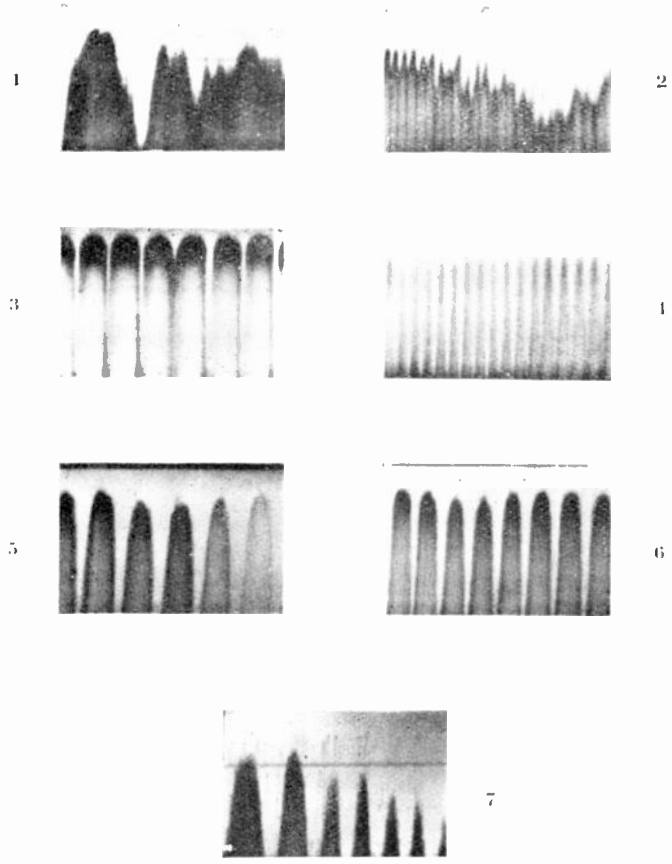


I II

Types d'échos E en buisson, à variations rapides.

Planche VII

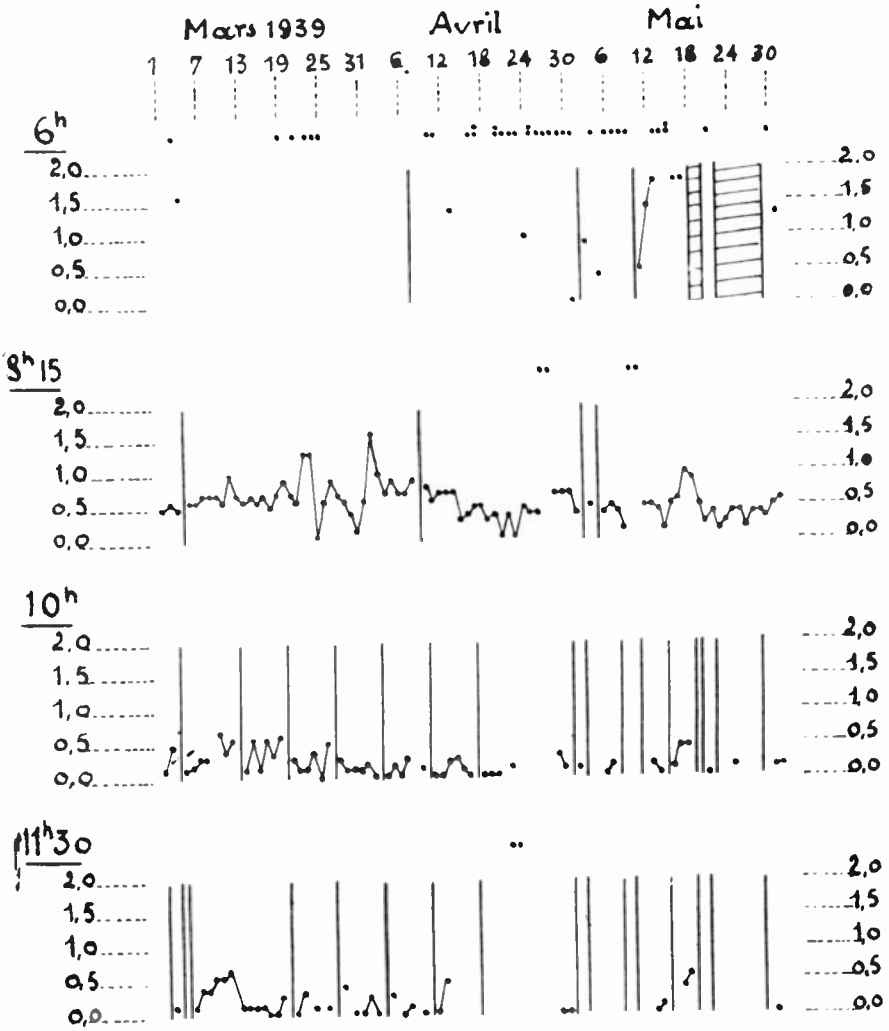
Variations d'intensité d'un écho



1 Type courant, variations d'intensité quelconques.
2 Variations à courte période (4 secondes) irrégulières.
4 Variations à courte période (7 secondes) régulières.
5 Variation périodique obtenue avec une seule antenne.
6 Même variation obtenue une minute plus tard avec deux antennes à angle droit.

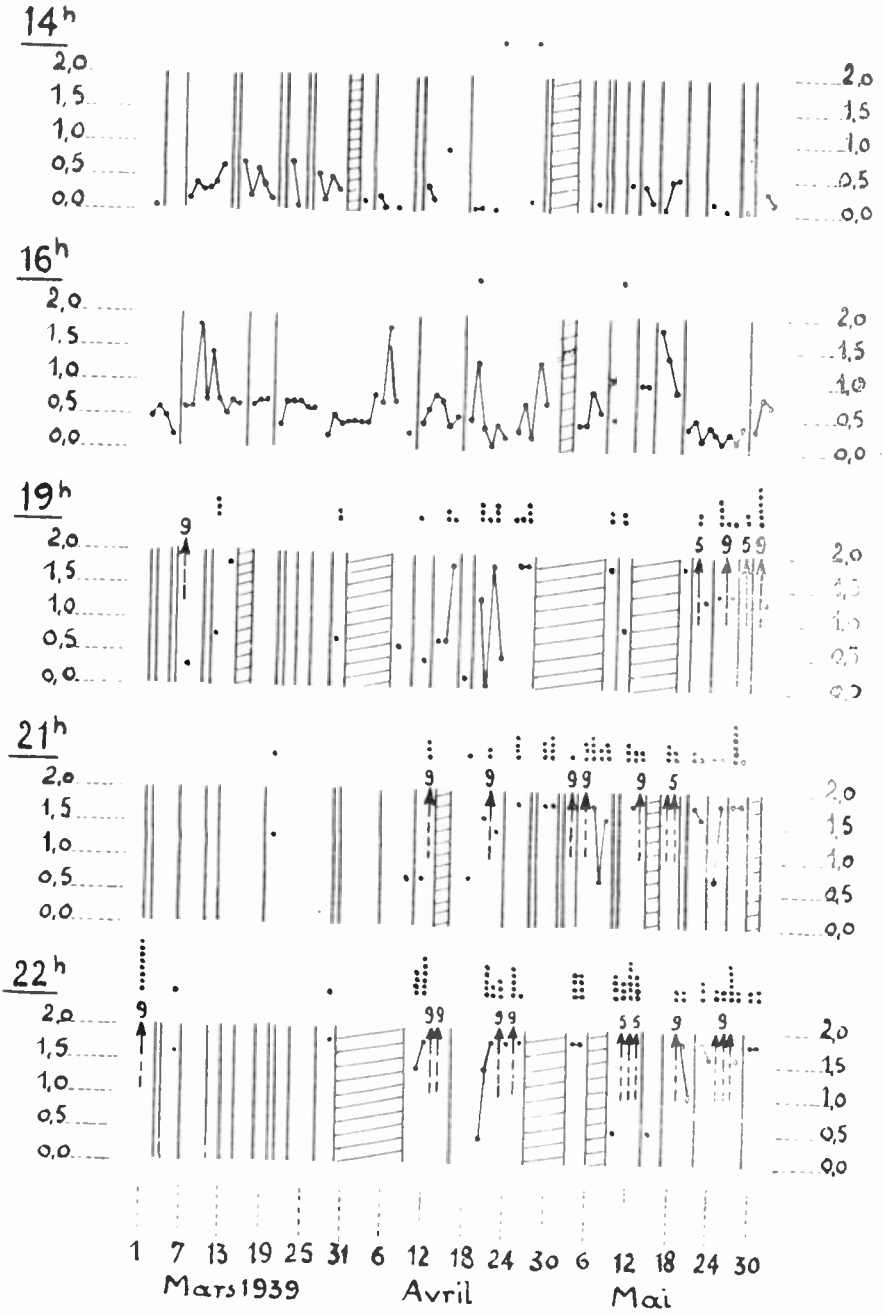
Echos E

Forces électromotrices dans l'antenne en millivolts
(Hauteur effective de l'antenne = 60 mètres)



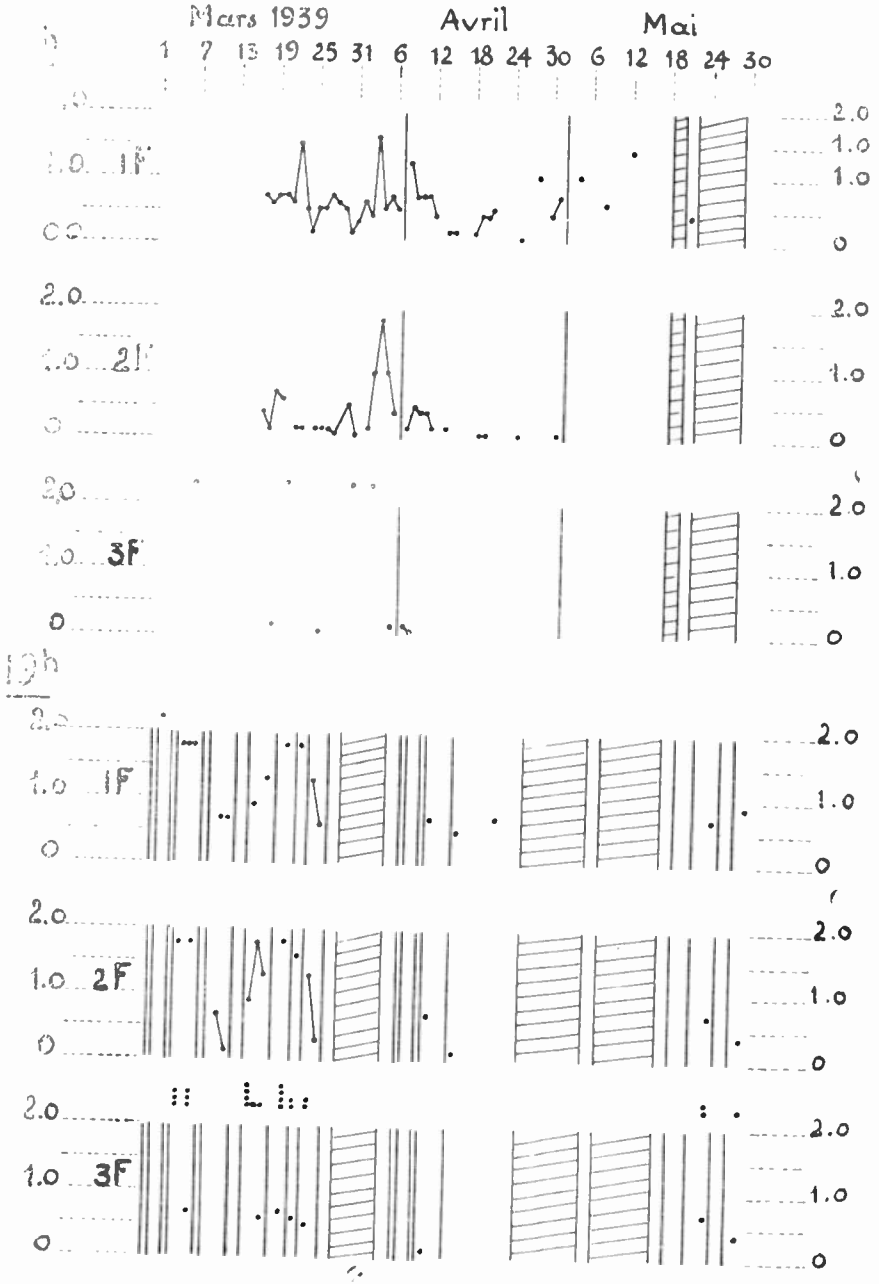
Echos E

Forces électromotrices en millivolts



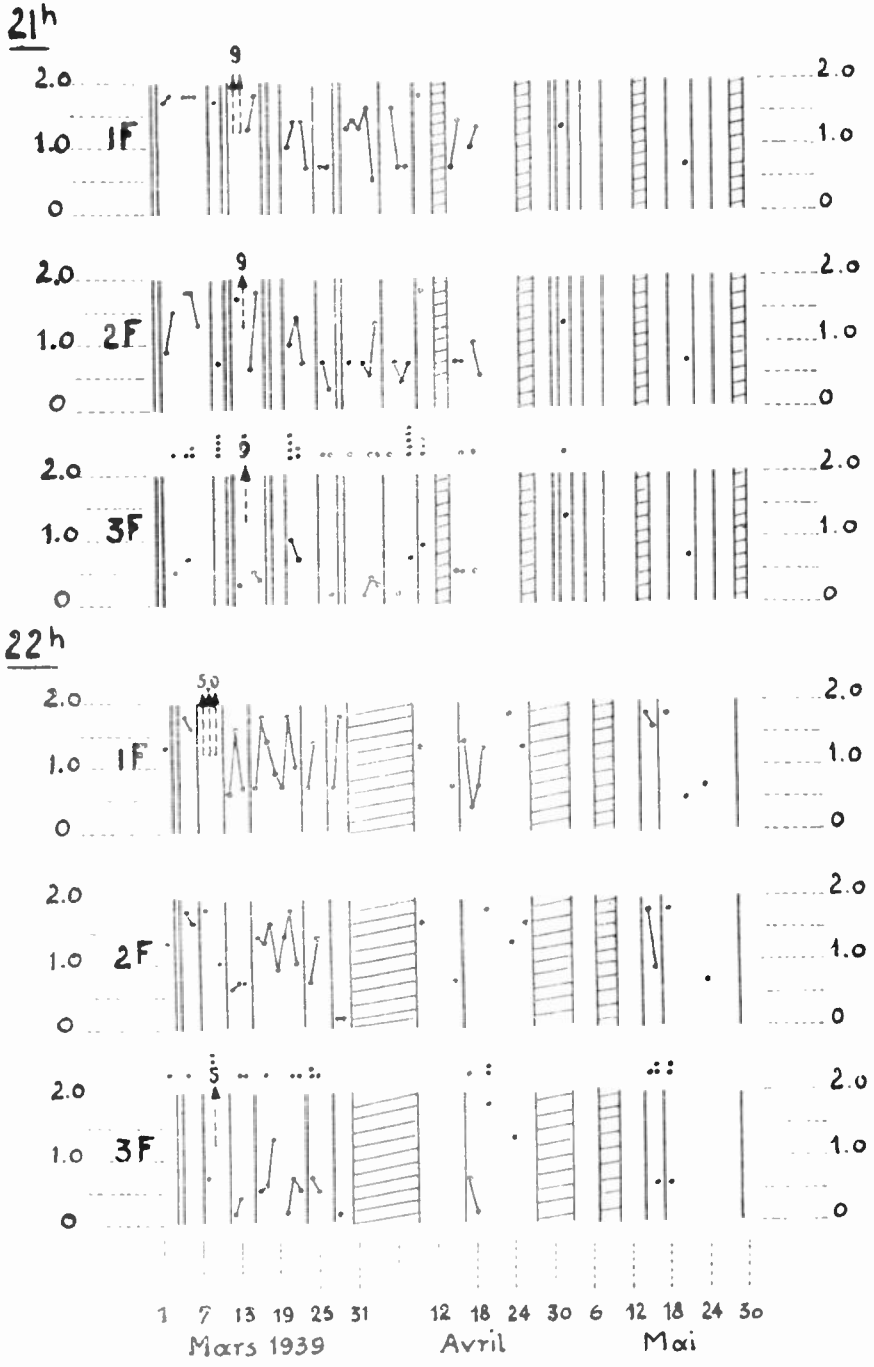
Echos F

Forces électromotrices dans l'antenne en millivolts



Echos F

Forces électromotrices en millivolts



absorption (7 millivolts environ). Comme on l'a dit ces valeurs ne sont pas mesurées immédiatement, mais par simple lecture des positions des curseurs de rhéostats, lectures peu précises. Concluons simplement que ces jours-là (13 et 14 mars) le pouvoir réflecteur n'était pas très éloigné de l'unité.

Les mesures faites séparément sur les multiples d'un même écho, à la même heure montrent qu'on est loin d'obtenir une diminution régulière d'un écho au suivant, il suffit de jeter un regard sur les graphiques ou les photographies suivantes pour s'en rendre compte. Sans doute en général, les échos d'ordre élevé sont d'intensité inférieure à celle du premier, mais on ne peut fixer un rapport : ainsi du 15 au 30 mars à 22 heures voit-on l'écho F de l'ordre du millivolt, tandis que l'écho 2F est légèrement supérieur, l'écho 3F nettement inférieur.

Dans les reproductions ci-dessous, nullement choisies à ce point de vue, on constatera le même phénomène : c'est à Shanghai un fait d'observation quotidien : *les échos successifs ne sont presque jamais d'intensité régulièrement décroissante d'un écho au suivant.*

Des mesures du pouvoir réflecteur qui seraient faites à Shanghaï, en se basant sur le rapport entre deux échos successifs apparaissent, pour tout observateur qui a suivi pendant quelque temps nos enregistrements, dénuées de tout sens. Il arrive fréquemment par exemple, qu'après un écho assez fort, toute une série d'échos est presque imperceptible tandis qu'un écho d'ordre élevé, le cinquième ou le septième par exemple, est d'intensité aussi grande que le premier, et même le dépasse par instants.

Les nombres donnés sur les graphiques sont les valeurs maxima des intensités observées à chaque expérience dont la durée est de l'ordre de deux ou trois minutes. On ne pourrait établir un rapport moyen d'intensité des échos successifs qu'en enregistrant simultanément les variations d'intensité de plusieurs échos et en comparant les valeurs moyennes : même dans ce cas, il resterait à discuter le sens qu'on peut attribuer à cette moyenne de valeurs qui varient souvent du simple au décuple en quelques secondes.

Variations rapides d'intensité des échos. — Cette variabilité des échos a retenu notre attention particulièrement. Pour en fixer le caractère, nous nous sommes astreints à enregistrer les premiers échos, E ou F, à chaque heure d'observation, soit de 6 à 8 fois par jour, chaque fois pendant deux minutes.

La méthode a été décrite plus haut : un film sur lequel vient se former l'image de l'écho étudié se déroule lentement : la hauteur de cette image mesure l'intensité du champ : les variations de hauteur voilées sur le film, représentent les variations avec le temps de cette intensité.

Quelques résultats caractéristiques sont reproduits plus loin. Le plus souvent on observe des variations de grande amplitude, correspondant à des variations de champ du simple au décuple au moins. Une fois sur trois environ, on constate que ces variations présentent un caractère de périodicité manifeste : la période, de l'ordre de quelques secondes à une minute, reste parfois constante, parfois elle varie lentement : tantôt elle est rigoureuse, tantôt elle n'est qu'approchée. Le phénomène est trop fréquent pour être attribué à un simple hasard. Son explication la plus simple consisterait à admettre que les champs d'électrons passeraient au voisinage du zénith avec une vitesse assez grande et seraient troublés par une turbulence analogue à celle qui forme les cirrus de caractère quasi-périodique dans la haute troposphère. On pourrait admettre aussi une absorption sur le trajet, due à une cause qui varierait elle-même périodiquement (1).

Une autre explication se présentait à l'esprit. Nous émettons sur une antenne simple des ondes polarisées : s'il se produit une rotation du plan de polarisation à la réflexion, et si cette rotation est régulière nous devrions avoir des variations d'intensité à la réception. Pour nous assurer du fait, nous avons essayé une réception sur cadre : le maximum a bien été constaté pour tous les échos dans la position verticale du cadre (tous les échos, même les multiples lointains viennent bien du zénith) et dans une position parallèle à l'antenne (le champ électrique est bien à la réception, en général, parallèle à l'antenne).

Nous avons alors monté un second aérien semblable au premier et faisant avec lui un angle aussi voisin d'un droit qu'il nous était matériellement possible, en fait supérieur à 60°.

---

(1) On pourrait rapprocher de ce phénomène l'observation de turbulence dans la très haute atmosphère, telle que celle faite par le P. Coubier, directeur de l'observatoire de Ksara, des déformations de la traînée lumineuse laissée par un bolide, dont les sinuosités s'accentuèrent pendant une dizaine de minutes au moins. D'après l'observateur, les vitesses des déformations seraient l'indice de mouvements très rapides à une très grande altitude.

Nous avons déjà été conduits, à croire qu'à une altitude inférieure, dans la couche de l'ozone, des mouvements de masses d'air considérables doivent exister et, sans en avoir encore de preuves immédiates, tout semble confirmer l'idée que les couches élevées de l'atmosphère sont soumises à des perturbations qui, naturellement, doivent entraîner des mouvements beaucoup plus rapides que ceux que nous observons dans la troposphère.

Observatoire de ZI KA WEI ; Notes de Météorologie physique, fascicules III et VII.

Ayant enregistré, avec un seul aérien le phénomène de périodicité décrit ci-dessus, nous avons relié les deux aériens en parallèle tant à la transmission qu'à la réception et recommencé un enregistrement ; les résultats sont donnés ci-dessous (1) : le phénomène périodique subsiste avec les deux antennes ; on constate bien un changement de période, mais en considérant attentivement les figures, on voit que pendant l'enregistrement des échos sur deux antennes, la période a augmenté de façon continue si bien qu'en réalité les deux figures obtenues se raccordent parfaitement.

Cette expérience semble bien prouver que le phénomène discuté ici n'est pas dû à une rotation du plan de polarisation ; il faut donc en chercher l'explication, soit dans une variation périodique du pouvoir réflecteur de la couche ionisée elle-même, soit dans une absorption variable sur le trajet des ondes.

Certes, de ce document, nous ne voudrions pas conclure que les rotations du plan de polarisation n'existent pas dans la réflexion.

Pour étudier ce phénomène, nous avons monté un petit cadre blindé, formant avec un condensateur monté sur le cadre même un circuit oscillant de réception. Une spire supplémentaire à l'intérieur du blindage du cadre couplait ce circuit au récepteur, relié par un fil torsadé.

Le résultat des quelques observations faites, fut l'extinction de tous les échos pour le cadre horizontal, ou pour le cadre vertical dans un plan perpendiculaire à l'aérien. En une seule occasion, tenant le cadre à la main, alors qu'il n'était pas encore monté sur son pied, nous avons observé qu'en faisant osciller le cadre vertical autour de la position parallèle à l'antenne, on faisait varier à volonté les intensités respectives de deux échos éloignés l'un de l'autre, probablement F et 2F. Mais le fait qu'il nous a été impossible plus tard de revoir ce phénomène ne nous permet pas de nous y attarder.

(1) Planche VII, clichés 5 et 6.

APPENDICE

Etude d'un aérien rayonnant verticalement

Nous avons étudié plus haut un aérien composé d'un seul cadre vertical d'une demi longueur d'onde de base et d'un quart de longueur d'onde de hauteur, et nous avons montré que son rayonnement vertical n'était pas mauvais.

On obtiendrait un rendement bien supérieur en associant deux cadres semblables dans le même plan, situés de part et d'autre de l'émetteur et parcourus par des courants égaux déphasés de π, ce qui s'obtiendra facilement par exemple en couplant les deux antennes par des selfs semblables disposées aux deux extrémités du circuit oscillant principal.

Cherchons à exprimer le champ de cet aérien en toute direction.

En gardant les notations précédentes, nous avons vu que le champ dû au brin vertical CD s'écrit :

$$E_2 = -\frac{2c\,I_0}{r}\,\frac{\sin\psi}{1+\cos\psi}\,\sin\left[\frac{\pi}{4}(1+\cos\psi)\right].\cos\left[a-\pi\cos\alpha+\frac{\pi}{4}(1+\cos\psi)\right]$$

que le champ de son image C'D est :

$$E'_2 = -\frac{2c\,I_0}{r}\,\frac{\sin\psi}{1-\cos\psi}\,\sin\left[\frac{\pi}{4}(1-\cos\psi)\right].\cos\left[a-\pi\cos\alpha+\frac{\pi}{4}(1-\cos\psi)\right]$$

La distance r d'un élément du brin au point P de l'espace où le champ est mesuré était :

$$r = r_0 - z\cos\psi = r_0 + \frac{\lambda}{2}\cos\alpha - z\cos\psi$$

Le champ du brin symétrique $C_1 D_1$ sera évidemment égal au champ de CD, mais déphasé, car la distance, au lieu de r, sera :

$$r_1 = r_1^0 - z\cos\psi = r_0 - \frac{\lambda}{2}\cos\alpha - z\cos\psi$$

et le courant sera de signe contraire $-I_0$, au lieu de I_0.

En remarquant que le changement de r en r_1 revient à changer dans l'expression de champ $\cos\alpha$ en $-\cos\alpha$, le champ de $C_1 D_1$ s'écrit :

$$E_2^1 = \frac{2c I_0}{r} \frac{\sin\psi}{1+\cos\psi} \sin\left[\frac{\pi}{4}(1+\cos\psi)\right] \cdot \cos\left[a + \pi\cos\alpha + \frac{\pi}{4}(1+\cos\psi)\right]$$

celui de l'image $C'D_1$:

$$E'^1_2 = \frac{2c I_0}{r} \frac{\sin\psi}{1-\cos\psi} \sin\left[\frac{\pi}{4}(1-\cos\psi)\right] \cdot \cos\left[a + \pi\cos\alpha + \frac{\pi}{4}(1-\cos\psi)\right]$$

et le champ total dû aux brins verticaux et leurs images s'écrira :

$$E_v = -\frac{4c I_0}{r}\left\{\frac{\sin\psi}{1+\cos\psi}\sin\left[\frac{\pi}{4}(1+\cos\psi)\right].\sin(\pi\cos\alpha).\sin\left[a + \frac{\pi}{4}(1+\cos\psi)\right]\right.$$

$$\left. + \frac{\sin\psi}{1-\cos\psi}\sin\left[\frac{\pi}{4}(1-\cos\psi)\right] . \sin(\pi\cos\alpha) . \sin\left[a + \frac{\pi}{4}(1-\cos\psi)\right]\right\}$$

De même, pour un des brins horizontaux et son image, on aura :

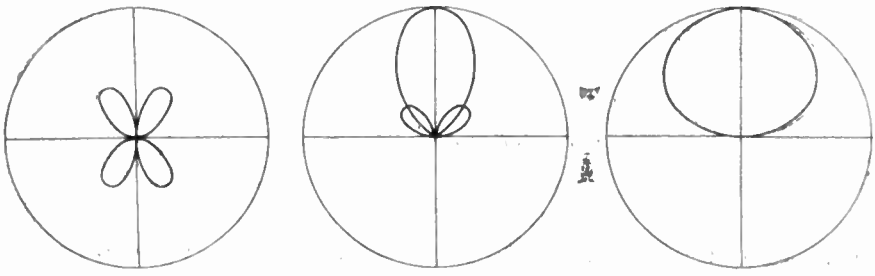
$$E_3 + E'_3 = \frac{4c I_0}{r} \frac{\sin\alpha}{1+\cos\alpha} \sin\left[\frac{\pi}{2}(1+\cos\alpha)\right] \sin\left(\frac{\pi}{2}\cos\psi\right) \sin\left(a - \frac{\pi}{2}\cos\alpha\right)$$

L'autre brin horizontal donnera une expression analogue, où on remplacera $\cos\alpha$ par $-\cos\alpha$, de sorte qu'au total les brins horizontaux donneront un champ :

$$E_h = \frac{4c I_0}{r}\left\{\frac{\sin\alpha}{1+\cos\alpha} \sin\left[\frac{\pi}{2}(1+\cos\alpha)\right] \sin\left(\frac{\pi}{2}\cos\psi\right) \sin\left[a - \frac{\pi}{2}\cos\alpha\right]\right.$$

$$\left. + \frac{\sin\alpha}{1-\cos\alpha} \cdot \sin\left[\frac{\pi}{2}(1-\cos\alpha)\right] \sin\left(\frac{\pi}{2}\cos\psi\right) \sin\left[a + \frac{\pi}{2}\cos\alpha\right]\right\}$$

On peut, à l'aide de ces formules, calculer le champ en toute direction : il suffira, pour montrer le gain réalisé sur l'antenne d'un seul cadre que nous avons utilisée jusqu'ici, de construire les diagrammes dans les



Plan horizontal — Plan vertical de l'aérien — Plan vertical normal à l'aérien

Fig. 6

trois plans : horizontal, vertical de l'antenne et vertical normal à l'antenne : nous les représentons fig. 6, en prenant pour unité de longueur $\frac{8\,c\,I_0}{r}$ valeur du champ au zénith. On verra qu'outre le gain d'énergie dû au fait qu'on utilise deux brins rayonnants au lieu d'un, une bien meilleure répartition dans l'espace se trouve réalisée.

TRIODE ÉMETTRICE DE GRANDE PUISSANCE POUR ONDES COURTES [1]

par R. WARNECKE et R. BONNE

Laboratoire de Recherches du Département Lampes de la Société Française Radioélectrique

Le tube E. 2006 est une triode à circulation d'eau de grande puissance qui peut fonctionner en ondes courtes, mais qui possède aussi toutes les qualités requises pour donner des résultats satisfaisants en ondes longues ou en ondes moyennes.

Cette triode se distingue par sa grande robustesse et par le coefficient de sécurité très grand qu'offrent les pouvoirs de dissipation de ses électrodes vis-à-vis des valeurs qui sont susceptibles d'être admises en fonctionnement.

Les électrodes et leurs connexions internes sont courtes et leurs impédances inductives sont petites ; le fonctionnement en ondes courtes est alors possible dans des conditions intéressantes parce que les capacités interélectrodes sont relativement faibles par rapport aux dissipations énergétiques possibles.

Les caractéristiques électriques principales des tubes sont figurées dans le tableau I.

TABLEAU I

Tension de chauffage normale	U	= 30 V.
Courant de chauffage normal	If	= 215 A.
Courant électronique pour un champ nul et une tension de chauffage de 30 V.	Iso	= 40 A.
Capacité grille anode	Cga	= 69 µµf environ
Capacité grille cathode	Cge	= 11 µµf environ
Capacité cathode anode	Cca	= 5 µµf environ
Coefficient d'amplification mesuré pour Va = 15.000 V. — 1 = 3 A.	K	= 30
Pente mesurée pour Va = 15.000 V. = 1 = A. S.		= 12 mA/V.
Coefficient d'amplification maximum		= 32

(1) Initialement cette note brève devait être publiée dans le Bulletin de la *Société Française Radio-électrique*. La publication de cette revue ayant été suspendue pendant les hostilités, la Rédaction de « l'*Onde Electrique* » a bien voulu l'accepter, ce dont les auteurs la remercient.

Pente maximum ..... = 18 mA/V.
Dissipation admissible sur la grille en régime dynamique ..... = 5 Kws.
Dissipation admissible sur l'anode en régime dynamique ..... = 100 Kws.
Dissipation d'anode en statique avec grille positive ..... = 75 Kws.

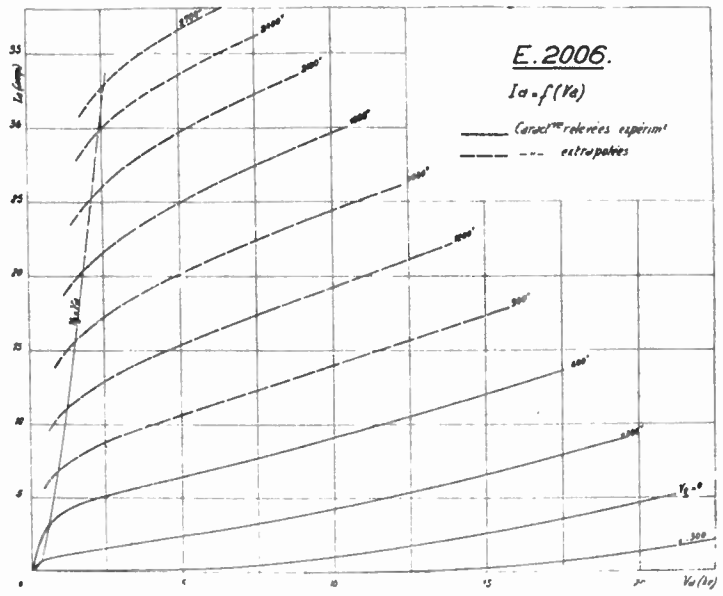


Fig. 1.

Le réseau des caractéristiques volts-ampères est donné figure I. Les courbes en traits pleins ont été relevées expérimentalement point par point, les courbes en traits pointillés ont été calculées par extrapolation à partir d'essais à chauffage réduit.

Les portions des caractéristiques de grille qui sont dessinées sur la fig. 2, ont été relevées directement point par point.

Fonctionnement sur ondes moyennes et longues

En haute fréquence, Classe B, on peut admettre une tension d'alimentation de l'anode de 18.000 volts et le tube débite une puissance de sortie de 90 Kws en crête avec un rendement de 66 % (porteuse 22 Kws). La

puissance dissipée est alors de 45 Kws, ce qui reste de beaucoup au-dessous des possibilités montrées dans le tableau I.

On peut apprécier le coefficient de sécurité et la qualité de la modulation possible en examinant les courbes des figures 3, 4 et 5 qui ont été relevées

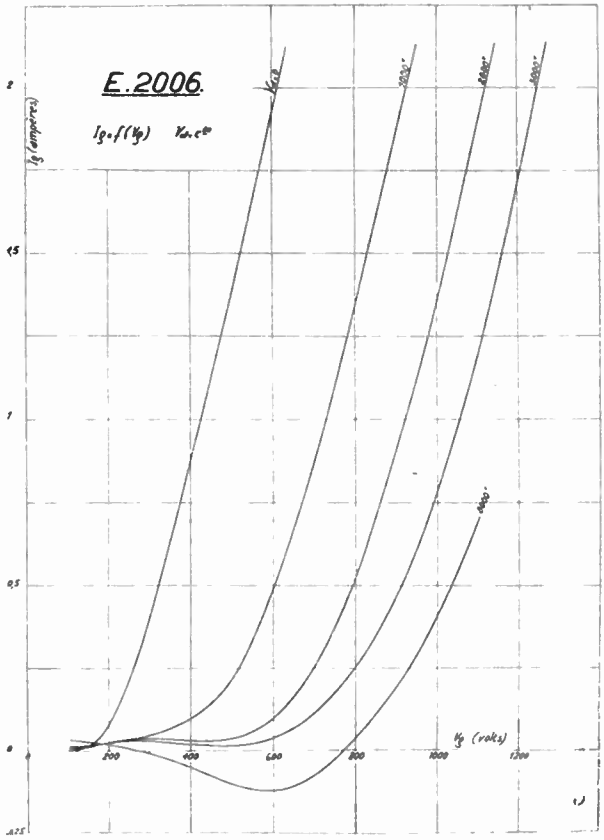


Fig. 2.

dans des conditions de travail que le tube est susceptible de supporter sans fatigue prohibitive.

Fonctionnement sur ondes courtes (2)

En ondes courtes, les sorties grilles étant refroidies par une circulation d'eau et le ballon refroidi par une circulation d'air comprimé, la

(2) Les chiffres indiqués ici résultant des premières mesures faites en Laboratoire, ne correspondent qu'à des performances minima et ne sont donnés qu'à titre d'exemples. Les possibilités complètes seront indiquées ultérieurement.

tension anodique peut conserver une valeur élevée ; pour $\lambda = 15$ m. on peut admettre environ 13.000 volts pour un régime télégraphique Classe C. En régime téléphonique Classe C, avec modulation par contrôle d'anode, la tension anodique continue pourra être poussée à 10.000 volts (modulation 100 %). La puissance de porteuse utile par lampe est alors voisine de 20 à 23 Kws.

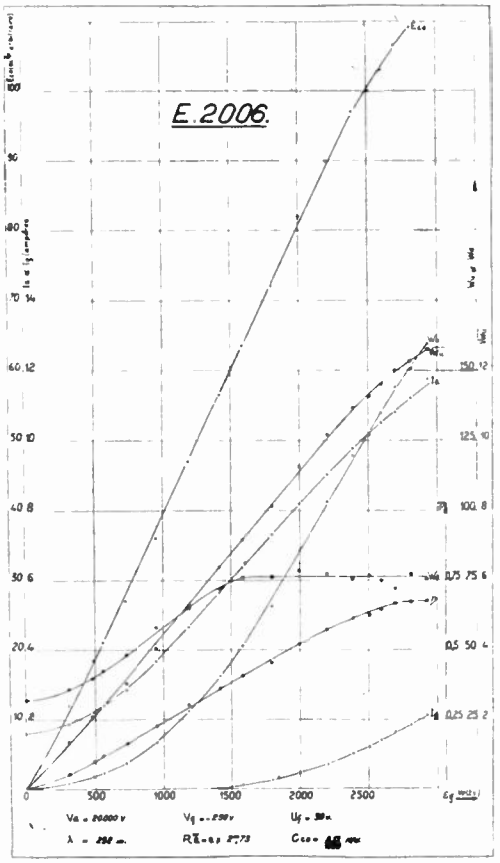


Fig. 3.

La capacité grille anode est relativement faible, ce qui permet d'obtenir un rendement anodique élevé. Les tableaux II et III donnent des exemples d'essais pour 2 tubes fonctionnant en push-pull respectivement sur 14 m. 70 et 12 m. 40 : ces essais, faits pour relever des courbes d'excitation, correspondent à des essais en régime télégraphique aux tensions indiquées.

TABLEAU II

Essais de E. 2006 sur λ = 11 m. 70 — 2 Lampes en symétrique

Uao	Ia tot.	Ig tot.	W appl.	Wu	η
10.000 V	10 A.	3,6 A.	100 Kw	76 Kw	76/25 %
11.000	10,95	3,15	120,5	89,9	71,6
12.000	12,25	3,6	147	107,8	73,3
13.000	13,35	3,38	174,5	124,5	71,6
13.500	13,8	3,25	186,5	135,1	72,6

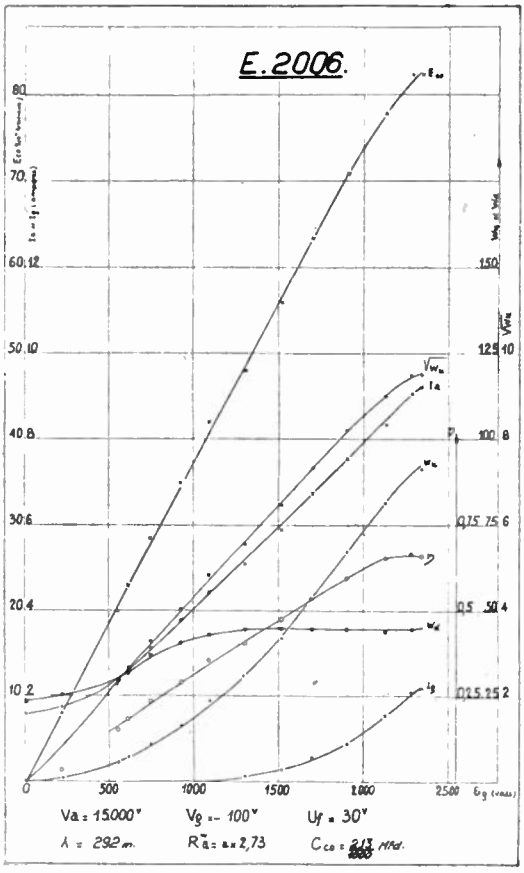


Fig. 4.

TABLEAU III

Exemple de fonctionnement pour λ = 12 m. 40 à Va = 10.000 V.
(2 Lampes en symétrique)

Uao	Ia tot.	Ig tot.	W appl.	Wu	η
10.000 V	8,7 A.	3,6 A.	87 Kw.	59 Kw	67,8 %

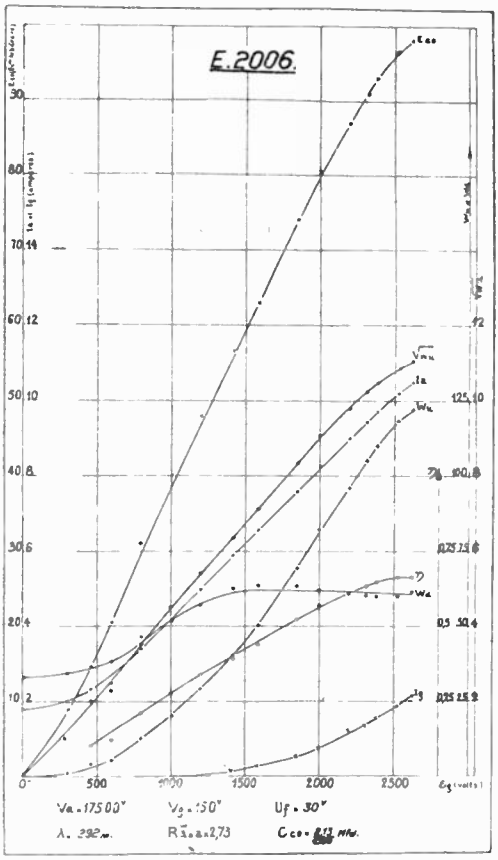


Fig. 5.

Au cours des essais dont les résultats sont donnés ci-dessus, le réglage du circuit de charge a été maintenu identique à lui-même ; la polarisation étant composée d'une valeur fixe (– 110 V.), à laquelle s'ajoutait celle qui résultait du passage du courant continu de grille dans une résistance

fixe de 200 ohms (par tube). La tension continue d'anode et la tension d'excitation H.F. étaient réglées ensemble.

L'intensité maximum du courant H.F. qui peut circuler sans inconvénient dans les sorties grille du tube E. 2006, est de 150 A. L'application de la relation (x) :

$$I = C_{ag} (U_a + U_g) \omega + C_{gf} U_g \omega$$

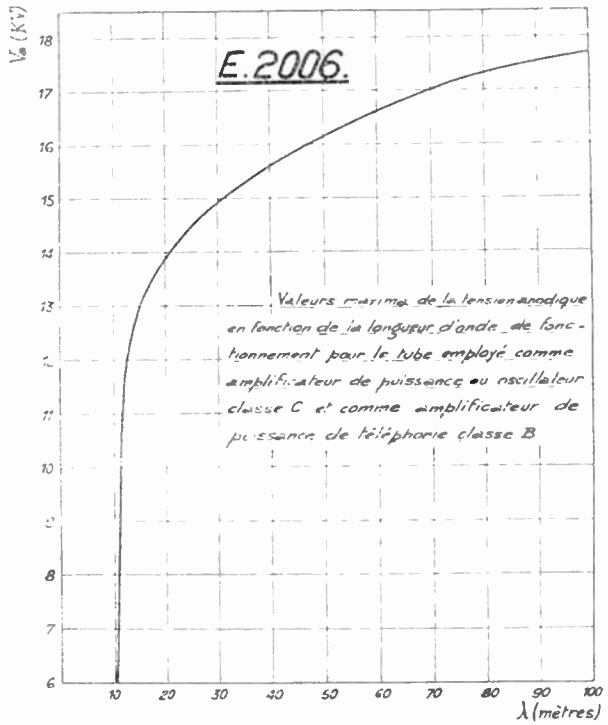


Fig. 6.

donnant la valeur de l'intensité du courant H.F. traversant les sorties grilles, montre que le fonctionnement en ondes courtes n'est pas limité de ce côté.

(x) Dans cette relation Ua et Ug désignent respectivement les valeurs efficaces des tensions appliquées entre cathode et anode et cathode et grille.

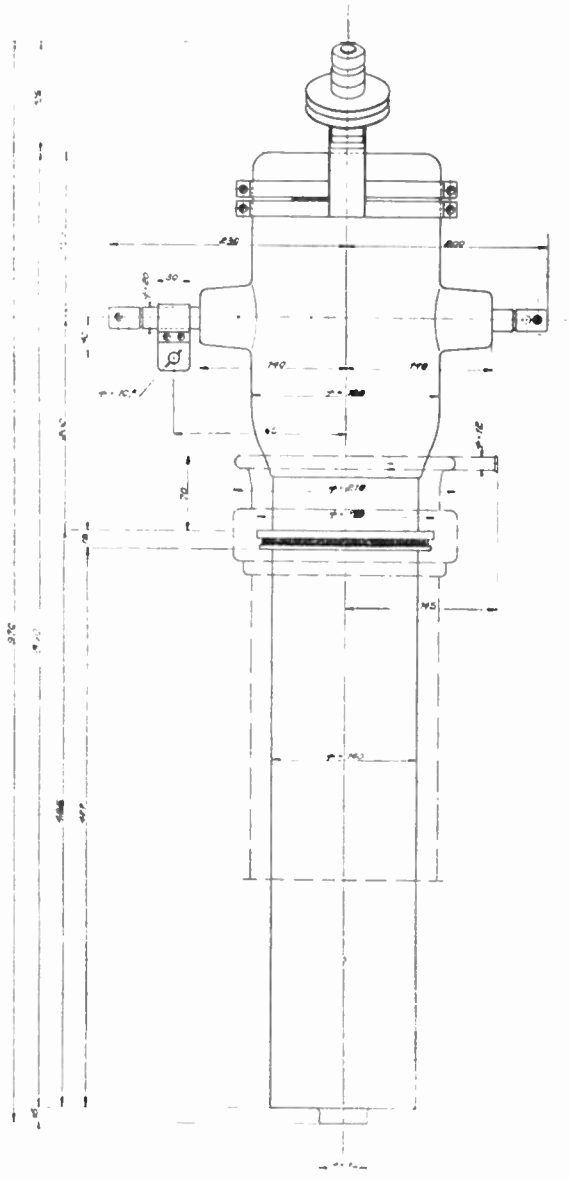


Fig. 7.

Fig. 8.

En fait, la valeur maximum de la tension anodique qui peut être adoptée pour une longueur d'onde donnée est déterminée par l'importance des pertes diélectriques dans le verre de l'ampoule : la figure 6 en donne les valeurs, à titre provisoire.

Le débit nécessaire pour le refroidissement de l'anode est de 65 l/minute En ondes courtes, le débit d'eau nécessaire pour le refroidissement des sorties grilles est de 2 l/minute.

La figure 7 montre les dimensions du tube et la figure 8 une photographie de la lampe E. 2006.

R. Warnecke et R. Bonne.

ANALYSES

1. — *Le service des analyses d'articles, d'ouvrages et de brevets est assuré par MM. P. Abadie (P. A.), A. Berton (A. B.), P. Besson (P. B.), P. Bilaudeau (P. J. B.), P. David (P. D.), B. Decaux (B. D.), L. Génis (L. G.), R. Jouaust (R. J.), P. Leroy (P. L.), R. Mesny (R. My), R. Michaud (R. Md), et P. Poincelot (P. P.).*

Les analyses signées A. F. sont les sommaires des articles parus dans la revue Alta Frequenza.

2. — *Les analyses sont imprimées avec une pagination spéciale, pour permettre une reliure à part.*

3. — *Les références bibliographiques comportent, après le titre de l'article et le nom de l'auteur, le titre abrégé de la revue, le mois et l'année, le tome (en caractères gras), le numéro du fascicule, et enfin l'indication des pages.*

4. — *Abréviations utilisées pour le titre des principales revues citées dans les analyses de l'*Onde Electrique.

Alta Frequenza	*Alt. Freq.*
Annalen der Physik	*Ann. der Phys.*
Annales de Physique	*A. de Phys.*
Annales des Postes, Télégraphes, Téléphones	*Ann. P. T. T.*
The Bell System Technical Journal	*Bell. Syst. Techn.*
Bulletin de la Société Française des Electriciens	*Bul. S. F. E.*
Bulletin Société Française Radio-Electrique	*Bul. S. F. R.*
Comptes Rendus des séances de l'Académie des Sciences	*C. R. Ac. Sc.*
Electrical Communications	*El. Comm.*
Elektrische Nachrichten Technik	*E. N. T.*
Funk	*Funk.*
General Electric Review	*G. E. R.*
Hochfrequenz technik und Elektroakustik	*H. F. Techn. El. Ak.*
Journal of the Franklin Institute	*J. Frank. Inst.*
Journal of the Institute of Electrical Engineers of Japan	*J. I. E. E. Japon.*
Journal de Physique, Le Radium	*J. Phys.*
Journal of Research of the National Bureau of Standards	*J. of Res. Bur. Stand.*
Journal of Scientific Instruments	*J. Sc. Instr.*
Journal des Télécommunications	*J. Télécomm.*
Marconi Review	*Marc. Rev.*
Nippon Electrical Communication Engineering	*Nippon El. Comm. Eng.*
Onde Electrique	*O. E.*
Philips Transmitting News	*Philips Tr. N.*
The Philosophical Magazine and Journal of Science	*Phil. Mag.*
The Physical Review	*Phys. Rev.*
Proceedings of the Institute of Radio Engineers	*Proc. Inst. Rad. Eng.*
Proceedings of the Physical Society	*Proc. Phys. Soc.*
Proceedings of the Royal Society of London	*Proc. Roy. Soc.*
Proceedings of the Wireless Section of the Institution of Electrical Engineers	*Proc. Wir. Sect. I. E. E.*
Radio News and Short Wave	*Rad. News*
Radio R. E. F.	*Radio REF.*

Revue Générale de l'Electricité	*R. G. E.*
The Review of Scientific Instruments	*Rev. Sc. Instr.*
Siemens Zeitschrift	*Siem. Zeits.*
Telefunken Zeitung	*Telef. Ztg.*
The Wireless Engineer	*Wir. Eng.*
Wireless World	*Wir. World.*
Wissenschaftliche Veroffentl. dem Siemens-Konzern	*Wiessen. Verof. Siemens-Konz*
Zeitschrift für Physik	*Zts. Phys.*
Zeitschrift für Technische Physik	*Zts. Techn. Phys.*

MESURES

Production d'intervalles de temps exacts d'une seconde. — W. D. GEORGE, *J. of Res. Bur. of Stand.*, sept. 1938, **21**, 3, 367-373.

Sur l'onde porteuse de certaines de ses émissions étalonnées WWV, le Bureau of Standards transmet soit une modulation à 1000 c/s, soit des tops à la seconde ; les intervalles définis dans ce dernier cas sont exacts à 10^{-6} près.

Pour obtenir un pareil résultat on ne peut utiliser les multivibrateurs directs ou les moteurs synchrones, à cause des variations de phase et « pompages ». Après une étude soignée de ces défectuosités, on a adopté le dispositif suivant.

Le courant à 1000 c/s, obtenu par démultiplication de la fréquence étalon, synchronise un multivibrateur à 200 c/s ; le courant de celui ci, après amplification par deux étages saturés, fournit une courbe tout-à-fait rectangulaire. Utilisant ce courant pour la polarisation d'un amplificateur attaqué par le courant à 1000 c/s, on obtient une suite de groupes de 5 oscillations séparés par des blancs équivalents de 1/200 de seconde. Un commutateur double, mû par un moteur synchrone, ne laisse passer qu'un groupe par seconde : la commutation a lieu pendant les blancs.

Finalement les signaux comprennent 5 oscillations à 1000 c/s toutes les secondes.

B. D.

Ensemble pour la mesure des ultra-fréquences. — S. SABAROFF, *Proc Inst. Rad. Eng.*, mars 1939, **27**, 3, 208-212.

Etude générale sur la mesure précise (deux millionièmes près) des fréquences jusqu'à 180 Mc/s.

On part toujours d'un étalon (oscillateur à quartz spécialement stabilisé sur 7 mégacycles) ; on fabrique les sous-harmoniques (p. ex. 1 Mc/s) avec un multivibrateur spécial, dont la théorie et le schéma sont donnés en annexes — tubes 955 ; on fabrique les harmoniques (jusqu'à 250 Mc/s) avec un tube amplificateur 954 saturé.

Un premier appareil de laboratoire a donné une précision du 1/50 000, mais l'auteur pense que l'on pourrait faire beaucoup mieux en soignant la réalisation.

P. L.

Mesures de tensions, courants et impédances sur ondes décroissantes jusqu'à 20 centimètres. — M. J. O. STRUTT, K. S. KNOL, *Hfr. Techn. El. Ak.*, juin 1939, **53**, 6, 187-195.

Les organes essentiels de ces mesures sont :

1°) Un voltmètre à diode équipé de tubes spéciaux (distance entre électrodes : 0,1 $^{m}/_{m}$; résistance interne de l'ordre du mégohm pour des courants de 0,5 microampère ; capacité interne 0,5 micromicrofarad). Le fonctionnement et le choix du montage sont discutés (1).

2°) Deux types de milliampèremètres thermiques à fil chauffant rectiligne très mince (constantan, 20 microns) : le premier est une sorte de petit thermomètre à air à deux branches symétriques ; le second est un thermocouple sans contact.

3°) Une série de montages permettant l'emploi des méthodes de mesures habituelles (lignes, ponts, antirésonances...), mais avec toutes sortes de précautions : connexions réduites et symétriques, blindages, etc.

Tous ces appareils sont décrits avec schémas et photographies, et différentes courbes résument les résultats obtenus. Lorsque la fréquence augmente, les diverses méthodes sont en concordance suffisante, pour que l'on puisse affirmer la correction :

Des mesures *absolues* d'intensité à 1 % près à partir de l'onde 0,20 m.
Des mesures *absolues* de tension à 2 % près à partir de 0,75 m.

P. D.

Nouveau dispositif de mesure en haute fréquence utilisant les pertes dans les diélectriques. — F. W. GUNDLACH, *Hfr. Techn. El. Ak.*, mai 1939, **53**, 162-165.

Un thermo-couple mesure l'intensité par l'échauffement d'un conducteur ; par analogie, on peut mesurer la tension par l'échauffement d'un diélectrique. Par exemple une très petite perle en verre est placée entre deux électrodes auxquelles on applique la tension on mesure sa température avec un petit élément thermo-électrique noyé.

Nos connaissances sur les diélectriques sont suffisantes pour permettre de prévoir le comportement d'un tel appareil et sa correction d'étalonnage en fonction de la fréquence : l'expérience confirme ces prévisions et montre la commodité du système pour des tensions de l'ordre de 100 à 500 volts, surtout en ondes courtes.

P. D.

Mesures dynamiques du mouvement des électrons dans les lampes à grilles multiples. — M. J. O. STRUTT, A. VAN DER ZIEL, *Proc. Inst. Rad. Eng.*, mars 1939, **27**, 3, 218-225.

Les auteurs établissent une relation théorique entre l'admittance à l'entrée d'une lampe en fonctionnement, et deux paramètres inédits α et β, qui représentent les *probabilités* pour qu'un électron *traverse* la troisième grille, ou y *revienne* après avoir été repoussé une première fois.

Utilisant les données numériques obtenues au cours de mesures antérieures (Voir par exemple *Onde Electrique* analyses juillet 1937 p. 44-45 A), ils déterminent les paramètres en question pour plusieurs types de lampes :

---

(1) En attribuant au courant redressé une forme *triangulaire*, ce qui est assez paradoxal.

par exemple β est assez souvent de l'ordre de 0,5 ; α varie davantage (entre 0 et 0,7) avec les tensions.

L'allure de la variation d'admittance ou de pente est ainsi bien expliquée — sauf avec certaines lampes comme la changeuse de fréquence AK 2, qui sera étudiée plus tard.

P. L.

ÉMISSION

Progrès dans les oscillateurs à fréquence stable. — G. F. LAMPKIN, *Proc. Inst. Rad. Eng.*, mars 1939, **27**, 3, 199-201.

Ce « progrès » — dont l'auteur semble s'exagérer la nouveauté — consiste à ne brancher la lampe génératrice, que sur une fraction du circuit oscillant, de manière à troubler le moins possible la fréquence propre de celui-ci.

Les variations de fréquence produites par le tube, peuvent ainsi être réduites au dixième — ou moins encore.

P. L.

Piézo-oscillateurs à haute stabilité de fréquence, employant simultanément les réactions positive et négative. — P. PONTECORVO, *Alta Freq.*, juin 1938, **7**, 6, 365-381.

Si, dans un circuit Hartley ou Colpitts, on insère une impédance dans la connexion de retour à la cathode, cette impédance produit un couplage de contre-réaction qui empêche les oscillations de s'amorcer. Quand l'impédance est constituée par un cristal, à la résonance série la contre-réaction disparaît et les oscillations se produisent.

On possède ainsi le moyen de faire osciller le quartz exactement sur sa fréquence. L'auteur discute mathématiquement l'influence des diverses causes de variation de fréquence : réglage du circuit oscillant, capacités internes, tensions d'alimentation. Le courant produit contient particulièrement peu d'harmoniques, condition de bonne stabilité.

Ce montage permet de relever facilement la courbe de résonance du cristal, en mesurant le courant qui circule dans le circuit cathodique. résultats expérimentaux montrent la stabilité inusitée obtenue Des (1 /100.000.000 pour des variations de tension d'alimentation de 30 %.

B. D.

Oscillateurs à triode pour longueurs d'ondes ultra-courtes. — M. R. GARVIN (Marconi Osram Laboratoires), *Wir. Eng.*, juin 1939, **XVI**, p. 287-295.

Etude d'une triode oscillante en tenant compte des capacités parasites. Examen de l'influence de la longueur des connexions et du temps de transit. Description sommaire d'une lampe où la grille et l'hexode font partie de circuits à constantes réparties, déterminant la fréquence d'oscillation (λ voisin de 90 $^{c}/_{m}$).

P. B.

Obtention d'oscillations sinusoïdales à l'aide du tube de Habann. — K. LAMMCHEN et LUDWIG MULLER, *E. N. T.*, février 1939, **16**, 2, 37-42.

Le tube de Habann est un magnétron à anode fendue ; il est intéressant d'obtenir à l'aide d'un magnétron fonctionnant en auto-oscillateur, des oscillations sinusoïdales, car on ne dispose pas comme dans un émetteur

piloté, d'étages suivants pour filtrer le courant. Une première approximation de la solution consiste à obtenir une caractéristique statique linéaire dans la partie utilisée (résistance négative) ; on y arrive à l'aide d'un montage dissymétrique, ainsi que le montrent des oscillogrammes. Mais, outre les harmoniques, on peut obtenir des oscillations dont la fréquence n'est pas un multiple exact de la fondamentale, dont la cause est différente de celle des oscillations de Habann, et fait intervenir le temps de parcours des électrons à l'intérieur du tube.

Aux fréquences élevées, ces oscillations sont plus gênantes que les harmoniques. Il convient d'utiliser pour les réduire un montage à deux tubes convenablement sélectionnés.

P. P.

Production des très hautes fréquences par diodes. — F. B. LLEWELLYN, A. E. BOWEN, *Bell S. Techn. J.*, avril 1939, **XVIII**, 2, 280-292.

Il a déjà été démontré (1) qu'une simple diode peut constituer, à certaines fréquences et en raison de la durée de trajet des électrons, une résistance négative — d'où la possibilité d'entretenir des oscillations.

Les auteurs ont construit des modèles spéciaux, dans lesquels, pour réduire les pertes et le rayonnement, les deux électrodes se présentent sous forme de tubes concentriques ; ces diodes peuvent en outre être incorporées à des tuyaux « guidant » les ondes produites. Sur la longueur d'onde 10 cm, la puissance produite est de quelques dixièmes de watt, avec un rendement de 1 à 2 %.

P. D.

Sur l'efficacité d'une bobine de cathode dans le générateur à champ retardateur. — W. SCHWARTZ, *Hfr. Techn. El. Ak*, mai 1939, **53**, 5, 165-170.

D'après la théorie de l'oscillation interne des tubes à grille positive (Barknauser), la cathode est soumise à des variations de tension alternatives ; il y a donc intérêt à intercaler sur les connexions de chauffage, des bobines d'arrêt. Cela a été fait déjà ; mais l'auteur, désirant étudier à fond la question, reprend le montage en constituant les connexions de chauffage par une « ligne de Lecher » dont il peut faire varier l'accord. Il met en évidence l'amortissement et le désaccord apportés par cette ligne au circuit oscillant principal.

Il ne formule pas de conclusion ou d'application nette de ces remarques.

P. D.

Le mécanisme de la synchronisation des oscillateurs de balayage linéaire. — G. F. HERRENDEN HARKER, *Phil. Mag.*, août 1938, **26**, 174, 193-213.

Exposé simple et très clair des phénomènes de synchronisation dans un oscillateur à thyratron. Après avoir rappelé les propriétés générales de ce tube, et le rôle de sa grille, l'auteur décrit le montage oscillateur ; il examine en détail l'influence de la tension synchronisante sur l'amplitude et la fréquence des oscillations, la tension d'extinction restant constante. Il montre ensuite comment se manifestent pratiquement ces phénomènes dans l'emploi de l'oscillographe.

B. D.

(1) Voir p. ex. Muller (*O. E.* anal. avril 1935, p. 19-A) ; et aussi Gerber (d°, avril 1931, p. 30) et MC Petrie (d° avril 1934, p. 20-A).

L'oscillateur stabilisé à pont. — L. A. MEACHAM, *Proc. Inst. Rad., Eng.*, oct. 1938, **26**, 10, 1278-1294.

L'appareil comprend un étage amplificateur dont l'entrée et la sortie forment les diagonales d'un pont. Des quatre bras égaux, l'un est constitué par un quartz (à la résonance série), l'opposé par un filament de lampe à incandescence. La concordance de phase se trouve ainsi réalisée (pour la fondamentale seulement) ce qui confère au système une remarquable stabilité : 1/100.000.000 pour un écart de tension anodique de 120 à 140 v., ou pour 20 % de variation sur la tension de chauffage. Une petite réactance, montée en série avec le cristal, permet d'ajuster sa fréquence. Le taux d'harmoniques est inférieur à 1/1.000.

Ce procédé supprime pratiquement toutes les causes de variation dues à l'amplificateur. Il a été appliqué en particulier à un chronomètre à quartz destiné à des mesures de gravité.

B. D.

RÉCEPTION

L'impédance d'entrée des amplificateurs à polarisation automatique. — F. C. WILLIAMS et A. E. CHESTER, *Wir. Eng.*, mai 1939, **XVI**, p. 231-236.

Il s'agit des amplificateurs dont la cathode est polarisée positivement par rapport à la grille de commande au moyen d'une résistance shuntée par un condensateur. Si, d'autre part, le circuit plaque renferme une résistance de charge, on sait que celle-ci se trouve pratiquement toujours shuntée par un condensateur (capacité propre de la résistance, capacité des connexions, capacité plaque-masse, etc...), ce qui produit une chute de l'amplification vers les fréquences élevées. Mais aux bornes de la résistance de cathode apparaît aussi une tension alternative, correspondant à la composante du courant plaque. Cette tension produit, comme on sait, un certain effet de contre-réaction diminuant l'amplification. Cet effet est plus grand aux basses fréquences, où le condensateur qui shunte la résistance intervient moins, tandis qu'il se réduit vers les hautes fréquences. On conçoit dès lors qu'en dimensionnant convenablement résistances et condensateurs on puisse compenser, dans une certaine mesure la perte d'amplification vers les fréquences élevées.

Les auteurs traitent le problème par le calcul, puis les résultats expérimentaux, qui confirment la théorie. Ils donnent également les conditions suivant lesquelles des oscillations spontanées peuvent prendre naissance.

P. B.

Emploi de la Réaction pour ajuster l'impédance effective de sortie des amplificateurs. — H. F. MAYER, *Proc. Inst. Rad. Eng.*, mars 1939, **27**, 3, 213-217.

Il s'agit d'une variante perfectionnée de « contre-réaction » : on fait à la fois de la réaction, à l'entrée d'un amplificateur, proportionnellement au *courant* et à la *tension* de sortie ; chacune avec signe et grandeur réglables. Des formules simples montrent les avantages de la combinaison : par exemple on peut associer le gain de la réaction positive avec la stabilité de la réaction négative ; de plus, on peut modifier à volonté l'impédance apparente de sortie de l'amplificateur, c'est-à-dire la rendre nulle, infinie ou négative, ce qui favorise l'adaptation aux appareils utilisés ; divers oscillogrammes et courbes montrent le bénéfice obtenu sur un haut-parleur.

Quelques schémas pratiques sont suggérés.

P. D.

Filtre de bande à largeur réglable, avec « ensellement » et fréquence moyenne invariables. — E. ALSLEBEN, E. WEILER, *Hfr. Techn. El. Ak.*, mai 1939, **53**, 5, 160-162.

La plupart des systèmes de filtres à sélectivité variable, comportent une variation du couplage, et modifient sinon la fréquence moyenne, du moins la forme de la courbe de résonance — le « creux » entre les deux « pointes » étant plus ou moins accusé.

Les auteurs présentent une combinaison dans laquelle on manœuvre simultanément la capacité de couplage, et deux capacités « compensatrices », en série avec des résistances, qui ajustent l'amortissement des deux circuits. Moyennant quoi la forme de la courbe reste identique.

P. D.

BIBLIOGRAPHIE

Redresseurs à vapeur de mercure. — D. C. PRINCE, F. B. VOGDES et O. GRAMISCH, traduit par P. RAPIN. *Dunod, Editeur*, 92, rue Bonaparte, 1 vol. 240 pages. 65 fr.

Les redresseurs à vapeur de mercure constituent un sujet sur lequel les traités d'électrotechnique font en général preuve d'une grande discrétion, et c'est dans des articles de revues que l'on trouvait jusqu'ici, en France, des renseignements suffisamment détaillés sur ces appareils, dont l'intérêt et l'avenir ne sont plus à démontrer. L'ouvrage de MM. Prince, Vogdes et Gramisch peut être qualifié de « classique » aux Etats-Unis, et il a déjà fait l'objet, en Europe, d'une édition allemande, d'ailleurs complétée. C'est d'après celle-ci que M. P. Rapin a effectué la traduction que présente la librairie Dunod, et qui comporte, en plus, une mise à jour des données numériques, et quelques renseignements complémentaires d'origine française.

Le traité débute par le rappel des caractéristiques des redresseurs à vide ; il passe de là aux appareils à vapeur de mercure, en indiquant la raison de l'introduction d'un gaz, ses avantages, et, aussi, ses inconvénients.

La théorie est longuement développée, avec de nombreuses courbes caractéristiques ; puis viennent des renseignements pratiques et des données numériques permettant d'établir des projets de redresseurs. La forme des courants et des tensions produits, en fonction de la nature du circuit de débit, est ensuite examinée, et les divers moyens de se rapprocher d'une sinusoïde indiqués.

Le chapitre suivant traite de la question du transformateur d'alimentation, dont les conditions de fonctionnement diffèrent assez nettement de celles d'un transformateur ordinaire, par suite des composantes continues des courants, qui peuvent parcourir ses enroulements. Les ensembles complets hexaphasés, le compoundage des redresseurs, l'influence de la résistance ohmique sur la forme d'onde, terminent cette partie du livre.

Des compléments résument certaines recherches récentes sur le pouvoir redresseur des arcs, et font état des derniers progrès accomplis tant dans les appareils à ampoule de verre que dans ceux à cuve métallique. L'importante question des perturbations susceptibles d'être apportée aux réceptions radiophoniques est abordée, et intéressera tout particulièrement les radioélectriciens ; certains procédés de réduction de ces brouillages sont analysés.

Enfin, l'ouvrage se termine par l'étude des redresseurs à grilles polarisées,et par la revue des divers dispositifs à arc au mercure permettant d'ob-

tenir du courant alternatif à partir d'une source contraire (onduleurs), ou de réaliser un véritable transformateur statique à courant continu, etc... Des schémas et des photographies — qu'on trouverait bien difficilement ailleurs — illustrent également cette partie du traité, dont la présentation bénéficie du soin toujours apporté par la maison Dunod, à ses éditions.

P. B.

Encyclopédie de l'Electricité et de la T. S. F. à bord des avions modernes. — *Tome I*, H. LANOY. Un volume de X-160 p., 157 fig. *Librairie Desforges*, Paris 1938.

Préfacé par le Général Aviateur Benoist, cet ouvrage très complet donne bien une idée de l'effarante complexité de l'équipement des avions actuels. Une moitié du volume est consacrée à la T. S. F., l'autre à l'appareillage électrique spécial : éclairage, chauffage, contrôle, commande électrique de divers accessoires (jusqu'au scaphandre pour vols stratosphériques), trains d'atterrissage, hélices à pas variable, etc.

La partie radio comprend l'exposé sommaire des problèmes posés : liaison, goniométrie, balisage, atterrissage sans visibilité, et des solutions générales adoptées. Une description, présentée sous forme de nomenclature, des principaux appareils actuellement en service, est suivie de détails sur les procédés de repérage et de guidage. Une certaine imprécision se manifeste dans l'indication des dispositifs de radiophares ; il semble manquer la description des radiophares tournants.

Ouvrage de documentation pratique et facile, instructif pour tous.

B. D.

Le dépannage des récepteurs modernes de T. S. F. — A. BRANCARD *Dunod, Editeur.* 1 vol., 97 pages.

En matière de dépannage de récepteurs, rien ne vaut évidemment l'expérience, et le sens spécial que permet d'acquérir une longue pratique. Mais, cette petite réserve faite, il est certain qu'un traité méthodique rendra de grands services aux techniciens et que l'observation des règles qu'il pose leur fera souvent gagner un temps appréciable.

L'ouvrage de M. Brancard commence par l'étude des appareils et des outils du dépanneur. Il se poursuit par la description des méthodes de mesure (capacités, résistances, self-inductions), ce qui est l'occasion d'étudier les appareils utilisés (ponts, sonnettes, etc...). Enfin, il aborde la partie principale : l'examen des diverses pannes qui affectant, soit l'alimentation du récepteur, soit les étages basse fréquence, soit le détecteur, soit la partie haute fréquence, réduisent l'appareil au silence, ou déforment les auditions.

Signalons que certaines catégories de pannes sur lesquelles on s'est peu étendu jusqu'ici font l'objet d'examens détaillés : ce sont, par exemple, les pannes du dispositif dit « anti-fading », celles des systèmes de contre-réaction en basse fréquence et celles des indicateurs visuels d'accord. Quelques pages sont même consacrées aux dérangements des systèmes d'accord automatique, et le livre s'achève par l'étude sommaire des ronflements dus au secteur, par les règles d'alignement des récepteurs modernes, et par quelques renseignements sur la réparation des haut-parleurs.

P. B.